



MIKROFASIES BATUGAMPING:

STUDI BATUGAMPING PALEOGEN-NEOGEN
DI INDONESIA BAGIAN BARAT

Sigit Maryanto



Buku ini tidak diperjualbelikan.

MIKROFASIES BATUGAMPING:

**STUDI BATUGAMPING PALEOGEN-NEOGEN
DI INDONESIA BAGIAN BARAT**



Buku ini tidak diperjualbelikan.

Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang No. 28 Tahun 2014

All Rights Reserved

Buku ini tidak diperjualbelikan.

MIKROFASIES BATUGAMPING:

**STUDI BATUGAMPING PALEOGEN-NEOGEN
DI INDONESIA BAGIAN BARAT**

Sigit Maryanto



Buku ini tidak diperjualbelikan.

LIPI Press

© 2017 Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
Pusat Survei Geologi, Badan Geologi

Katalog dalam terbitan

Mikrofasies Batugamping: Studi Batugamping Paleogen-Neogen di Indonesia Bagian Barat/Sigit Maryanto –
Jakarta: LIPI Press, 2017.

xxxi + 379; 17.6 x 25 cm

ISBN 978-979-799-883-7

1. Petrologi

3. Batugamping

2. Mikrofasies

552.58

Copyeditor : Moh. Sidik Nugraha
Proofreader : Sonny Heru Kusuma dan Fadly Suhendra
Penata Isi : Erna Rumbiati dan Meita Safitri
Desainer Sampul : Rusli Fazi

Cetakan Pertama : Agustus 2017



Diterbitkan oleh:
LIPI Press, anggota Ikapi
Jln. Gondangdia Lama 39, Menteng, Jakarta 10350
Telp. (021) 314 0228, 314 6942. Faks. (021) 314 4591
E-mail: press@mail.lipi.go.id
 lipipress@centrin.net.id
 press@mail.lipi.go.id



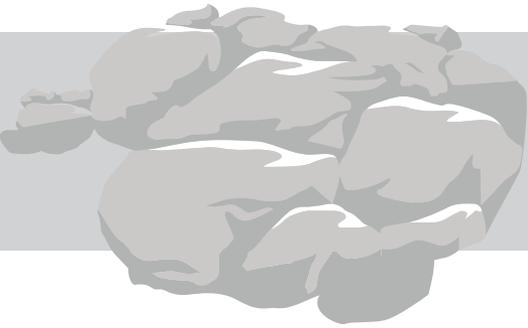
Bekerja sama dengan:
Pusat Survei Geologi, Badan Geologi,
Kementerian ESDM
Jalan Diponegoro Nomor 57 Bandung

Buku ini merupakan karya buku yang terpilih dalam Program Akuisisi Pengetahuan Lokal Tahun 2021 Balai Media dan Reproduksi (LIPI Press), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.



Karya ini dilisensikan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



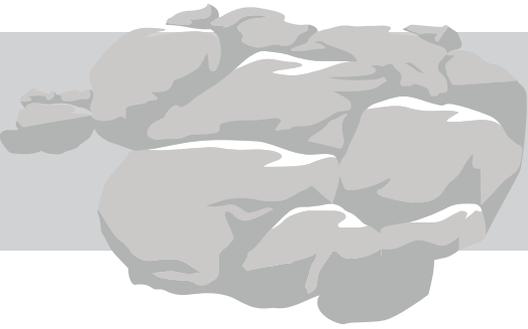
DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	xxv
PENGANTAR PENERBIT	xxvii
KATA PENGANTAR	xxix
PRAKATA	xxxi
BAGIAN I	
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Pengertian Batugamping	1
B. Konsep Mikrofasies	2
C. Metode Analisis Fasies	3
BAGIAN II	
BAB 2 KOMPONEN BATUGAMPING	7
A. Butiran	7
B. Matriks	17
C. Semen	19
D. Material Lain	21
E. Keporian Batuan	21
BAB 3 TEKSTUR DAN STRUKTUR BATUGAMPING	23
A. Granulometri dan Morfometri	23
B. Kemas	26
C. Struktur Khusus	31
BAB 4 KLASIFIKASI BATUGAMPING	37
A. Prinsip Klasifikasi	37
B. Klasifikasi Batuan	37
C. Klasifikasi Keporian Batuan	42

Buku ini tidak diperjualbelikan.

BAB 5 LINGKUNGAN PENGENDAPAN BATUGAMPING.....	45
A. Gambaran Umum.....	45
B. Klasifikasi Lingkungan Pengendapan	45
C. Lingkungan Pengendapan Batugamping Modern	47
BAGIAN III	
BAB 6 MIKROFASIES BATUGAMPING.....	61
A. Model Pengendapan.....	61
B. Zona Fasies	66
C. Standar Mikrofasies.....	70
BAGIAN IV	
BAB 7 CONTOH MIKROFASIES BATUGAMPING.....	83
A. Formasi Baturaja di Sumatra Selatan	83
B. Formasi Rajamandala di Jawa Barat	175
C. Formasi Jonggrangan di Yogyakarta	214
D. Formasi Sentolo di Yogyakarta	231
E.. Formasi Wonosari di Jawa Timur	253
F. Formasi Berai di Kalimantan Selatan.....	295
BAGIAN V	
BAB 8 ASPEK EKONOMI MIKROFASIES BATUGAMPING.....	315
A. Sumber Daya Minyak dan Gas Bumi	315
B. Sumber Daya Mineral.....	326
BAGIAN VI	
BAB 9 PENUTUP	329
DAFTAR PUSTAKA.....	335
KAMUS ISTILAH	355
INDEX	367
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	379

Buku ini tidak diperjualbelikan.



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Penggolongan Butiran Terlapisi	9
Gambar 2.2	Butiran Terlapisi dalam Kaitannya dengan Agitasi Air dan Kecepatan Penguapan	10
Gambar 2.3	Musal Peloid	11
Gambar 2.4	Kemungkinan Lain tentang Musal Peloid	11
Gambar 2.5	Diagenesis dan Asosiasi Biota Lingkungan Pengendapan Pelet	12
Gambar 2.6	Bentuk Agregat Butiran Karbonat	13
Gambar 2.7	Musal Gumpalan Karbonat	13
Gambar 2.8	Musal Intraklas	14
Gambar 2.9	Musal Lithoklas atau Ekstraklas	15
Gambar 2.10	Jenis dan kelimpahan butiran kerangka berdasarkan umur batuan	16
Gambar 2.11	Lingkungan Pengendapan dan Musal Lumpur Karbonat	18
Gambar 2.12	Jenis Semen Karbonat Berdasarkan Kemas dan Bentuk Kristal	20
Gambar 2.13	Lingkungan Pembentukan Semen Karbonat	20
Gambar 3.1	Kenampakan Bentuk Butiran pada Batuan Sedimen	25
Gambar 3.2	Kenampakan Pemilahan Butiran	25
Gambar 3.3	Pola Hubungan Antarpartikel pada Batuan Sedimen, termasuk Batugamping	27
Gambar 3.4	Jenis Kemas Fenestral-laminoid pada Batugamping	29
Gambar 3.5	Kenampakan Kemas Tak Menerus pada Batugamping	30
Gambar 3.6	Kenampakan Struktur Geopetal yang Sering Hadir pada Petrografi Batugamping	33
Gambar 3.7	Kenampakan Jenis dan Rangkaian Jenis Struktur Stilolit	34
Gambar 4.1	Klasifikasi Batugamping Menurut Folk (1959)	39
Gambar 4.2	Klasifikasi Batugamping Menurut Folk (1962)	39
Gambar 4.3	Klasifikasi Batugamping Menurut Dunham (1962)	40
Gambar 4.4	Klasifikasi Batugamping Menurut Embry dan Klovan (1971)	41
Gambar 4.5	Klasifikasi Batugamping Menurut Wright (1992)	42
Gambar 4.6	Klasifikasi Keporian Batuan Menurut Choquette dan Pray (1970)	43
Gambar 5.1	Gambaran Umum Lingkungan Pengendapan Batugamping	46
Gambar 5.2	Klasifikasi Lingkungan Pengendapan Laut	46
Gambar 5.3	Klasifikasi Lingkungan Pengendapan Batugamping Bukan-laut	47
Gambar 5.4	Klasifikasi Travertin, Tufa Batugamping, dan Sinter	50

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Gambar 5.5	Paparan (Dangkalan) Terbatas, Tak-terbatas, dan Landaian	54
Gambar 5.6	Gambaran Umum Paparan Karbonat.....	55
Gambar 5.7	Pembagian Umum Landaian Karbonat	56
Gambar 5.8	Tahapan Perkembangan Pertumbuhan Terumbu.....	57
Gambar 5.9	Kumpulan Jenis Batugamping pada Wilayah Terumbu	58
Gambar 5.10	Ragam Perkembangan Morfologi Terumbu.....	58
Gambar 6.1	Model Paparan Karbonat Terbatas (Wilson, 1975).....	62
Gambar 6.2	Model Landaian Karbonat.....	62
Gambar 6.3	Pembagian Zona Dangkalan Karbonat dengan Zona Hidrodinamik....	63
Gambar 6.4	Model Paparan Epeirik dan Landaian Epeirik	64
Gambar 6.5	Diagram Zonasi Fosil dalam Kaitannya dengan Pembagian Zona Fasies.....	65
Gambar 6.6	Penyebaran Standar Mikrofasies (Flugel, 2004) yang Dikaitkan dengan Zona Fasies (Wilson, 1975), dengan Model Paparan Karbonat Terbatas.....	81
Gambar 7.1	Lokasi Penelitian pada Kedudukan Cekungan Sumatra Selatan di Pulau Sumatra	86
Gambar 7.2	Mendala Geologi Tersier di Sumatra.....	86
Gambar 7.3	Stratigrafi Cekungan Sumatra Selatan menurut Beberapa Penulis Terdahulu.....	87
Gambar 7.4	Peta Geologi Daerah Baturaja–Muaradua, Sumatra Selatan dan Lokasi Lintasan Pengukuran Stratigrafi Rinci.....	88
Gambar 7.5	Peta Pengukuran Stratigrafi Rinci di Lintasan Air Napalan, Baturaja, Sumatra Selatan.	90
Gambar 7.6	Kolom Stratigrafi Formasi Baturaja dan Formasi Lain yang Teramati di Lintasan Air Napalan, Baturaja, Sumatra Selatan	91
Gambar 7.7	Singkapan batulempung karbonan mengandung minyak, merupakan batuan penyusun bagian teratas Formasi Talangakar. Difoto di Stasiun 08–09 (lihat Gambar 7.5), Lintasan Air Napalan, Baturaja.....	92
Gambar 7.8	Singkapan batugamping klastika berbutir sedang <i>grainstone-packstone</i> pasiran berstruktur silang-siur mangkok, merupakan batuan penyusun bagian terbawah Formasi Baturaja. Difoto di Stasiun 15 (lihat Gambar 7.5), Lintasan Air Napalan, Baturaja.....	93
Gambar 7.9	Singkapan batugamping bioklastika berbutir halus <i>wackestone-mudstone</i> yang berlapis buruk (<i>crudely bedded</i>), merupakan batuan penyusun bagian tengah Formasi Baturaja. Difoto di Stasiun 38–39 (lihat Gambar 7.5), Lintasan Air Napalan, Baturaja.....	94
Gambar 7.10	Batugamping klastika berbutir kasar <i>floatstone</i> dengan rongga pelarutan dan lapisannya sedikit membintal, merupakan batuan penyusun bagian atas Formasi Baturaja. Difoto di Stasiun 58 (lihat Gambar 7.5), Lintasan Air Napalan, Baturaja.	95
Gambar 7.11	Kerangka koral pada batugamping nonklastika <i>bafflestone</i> yang berfungsi menjebak lumpur karbonat, merupakan batuan penyusun bagian atas Formasi Baturaja. Difoto di Stasiun 58–59 (lihat Gambar 7.5), Lintasan Air Napalan, Baturaja.....	95

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Gambar 7.12	Batupasir konglomeratan dan batupasir gampingan merupakan batuan penyusun bagian terbawah Formasi Gumai yang menindih selaras Formasi Baturaja. Difoto di Stasiun 69 (lihat Gambar 7.5), Lintasan Air Napalan.	96
Gambar 7.13	Perajahan data struktur lapisan dan perarian silang-siur pada batuan penyusun Formasi Baturaja di Lintasan Air Napalan, Baturaja, Sumatra Selatan, yang menunjukkan arah arus purbanya.	98
Gambar 7.14	Perkembangan Lingkungan Pengendapan Batuan Karbonat Formasi Baturaja di Lintasan Air Napalan, Baturaja, Sumatra Selatan.	99
Gambar 7.15	Pengukuran Stratigrafi Rinci Formasi Baturaja di Lintasan Air Kiti, OKU, Sumatra Selatan.	102
Gambar 7.16	Kolom Stratigrafi Rinci Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Kiti.	103
Gambar 7.17	Batulempung gampingan kaya pecahan fosil moluska (berwarna terang) yang menyisip di antara <i>wackestone-mudstone</i> (tidak tampak pada foto), merupakan penyusun bagian bawah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi Ak05 (lihat Gambar 7.15), Lintasan Air Kiti.	104
Gambar 7.18	<i>Bafflestone</i> (baf) yang ditindih <i>rudstone</i> (rud), merupakan penyusun bagian tengah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi Ak09 (lihat Gambar 7.15), Lintasan Air Kiti.	105
Gambar 7.19	<i>Wackestone</i> (wac) dengan lapisan membintal, berkembang menjadi <i>floatstone</i> (flo)- <i>packstone</i> (pac) yang berlapis tebal, merupakan penyusun bagian tengah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi Ak17 (lihat Gambar 7.15), Lintasan Air Kiti.	105
Gambar 7.20	<i>Wackestone</i> (wac) yang tertindih <i>floatstone-rudstone</i> (flo) berlapis sedang-tebal, merupakan penyusun bagian atas Formasi Baturaja. Difoto di lokasi Ak22 (lihat Gambar 7.15), Lintasan Air Kiti.	106
Gambar 7.21	<i>Wackestone</i> yang berkembang dengan ukuran halus, terpilah buruk, dan terdukung lumpur karbonat (cmd). Tampak fosil tergantikan dengan fase pelarutan menjadi pseudosparit (pse) yang awalnya diduga berupa cangkang moluska (mol), juga lumpur karbonat tergantikan menjadi mikrosparit (msp). Sampel Ak05, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.	107
Gambar 7.22	<i>Packstone</i> yang berkembang dengan ukuran sedang dengan beberapa fosil moluska (mol), bryozoa (bry), echinodermata (ech) dan foram bentonik (for). Tampak orthosparit kalsit mosaik drus dari lingkungan meteorik freatik (ort1), melanjutkan pengisian orthosparit lingkungan penimbunan (ort2). Sampel Ak07, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.	108
Gambar 7.23	<i>Wackestone</i> dengan ukuran halus, butiran bioklas foraminifera besar bentonik (for), moluska (mol), ganggang merah (ral), dan echinodermata (ech), tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cmd) yang secara acak tergantikan menjadi mikrosparit. Sampel Ak10, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.	110
Gambar 7.24	<i>Bindstone</i> terdukung oleh cukup banyak pengonggokan koral memanjang (<i>Halimeda</i> sp.; hal) berbuku-buku dengan penjebakan lumpur	

	karbonat (cmd), fosil moluska (mol), dan jejak bioturbasi pemboran (bio). Sampel Ak12, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.....	110
Gambar 7.25	<i>Wackestone</i> dengan ukuran sedang, dengan beberapa butiran foraminifera besar bentonik dan planktonik (for), moluska tergantikan (mol), dan intraklas (int), isian orthosparit (ort). Sampel Ak14, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.....	111
Gambar 7.26	<i>Wackestone</i> berukuran halus terdukung lumpur karbonat (cmd) dengan beberapa kekar yang rongganya telah terisi oleh orthosparit kalsit mosaik drus anhedral (ort). Tampak pula sebagian lumpur karbonat terganti menjadi mikrosparit (msp). Sampel Ak17, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.....	111
Gambar 7.27	<i>Packstone/floatstone</i> berukuran kasar dengan fosil moluska (mol), ganggang merah (ral) dan intraklas (int), masih menyisakan lumpur karbonat (cmd) dan disemen oleh orthosparit kalsit mosaik drus anhedral (ort). Sampel Ak22, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.....	112
Gambar 7.28	<i>Wackestone</i> berukuran sedang dengan beberapa kepingan intraklas (int) dan fosil foraminifera bentonik (for), echinodermata (ech), ganggang merah (ral) termikritkan, moluska (mol) terhablur ulang menjadi pseudosparit (pse). Sampel Ak24, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.....	113
Gambar 7.29	Peta Pengukuran Stratigrafi Rinci di Lintasan Air Rambangnia, OKU Selatan, Sumatra Selatan, dan Lokasi Pengambilan Contoh Batuan...	120
Gambar 7.30	Kolom Litostratigrafi Rinci di Lintasan Air Rambangnia, OKU Selatan, Sumatra Selatan.....	121
Gambar 7.31	Batugamping lempungan (napal) pejal mengandung cukup banyak cetakan moluska, merupakan penyusun bagian bawah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 303 (lihat Gambar 7.29), Lintasan Air Rambangnia.	122
Gambar 7.32	Batugamping bioklastika <i>floatstone</i> yang terpilah sangat buruk, merupakan penyusun bagian tengah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 314 (lihat Gambar 7.29), Lintasan Air Rambangnia.....	122
Gambar 7.33	Singkapan batugamping <i>mudstone-wackestone</i> yang mengandung bintal silikaan, merupakan penyusun bagian atas Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 322 (lihat Gambar 7.29), Lintasan Air Rambangnia.....	124
Gambar 7.34	Batugamping bioklastika <i>grainstone</i> yang menindih batugamping <i>mudstone-wackestone</i> , merupakan penyusun bagian atas Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 324 (lihat Gambar 7.29), Lintasan Air Rambangnia.	124
Gambar 7.35	Batugamping bioklastika <i>wackestone</i> (kode sampel SM305C, lihat Gambar 7.30) dengan ukuran butir sangat halus, yang mencirikan SMF19-FZ8 pada daerah teluk atau kubangan yang sangat terbatas.....	130
Gambar 7.36	Batugamping bioklastika <i>wackestone</i> (kode sampel SM314A, lihat Gambar 7.30) dengan bioklastika moluska kasar yang telah tercuci, mencirikan SMF10-FZ7 pada cekungan lokal belakang terumbu.....	130

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Gambar 7.37	Batugamping bioklastika <i>packstone/floatstone</i> (kode sampel SM316A, lihat Gambar 7.30) dengan beragam bioklastika, mencirikan SMF5-FZ4 pada daerah sayap terumbu.....	131
Gambar 7.38	Batugamping bioklastika <i>packstone</i> (kode sampel SM318A, lihat Gambar 7.30) dengan beragam bioklastika berasal dari daerah terumbu, mencirikan SMF5-FZ4 pada daerah sayap terumbu.....	131
Gambar 7.39	Batugamping bioklastika <i>grainstone</i> (kode sampel SM324B, lihat Gambar 7.30) dengan beragam bioklastika pada semen karbonat, mencirikan SMF12-FZ6 pada daerah tepi lerengan atau landaian.	132
Gambar 7.40	Batugamping bioklastika <i>packstone</i> (kode sampel SM325B, lihat Gambar 7.30) dengan bioklastika telah tercuci, mencirikan SMF10-FZ7 pada cekungan lokal belakang terumbu.....	133
Gambar 7.41	Komponen Penyusun Batuan pada Analisis Petrografi Batugamping dari Formasi Baturaja di Lintasan Air Rambangnia, OKU Selatan, Sumatra Selatan.	134
Gambar 7.42	Persentase Perbandingan Bioklastika (Fosil) Berdasarkan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Rambangnia, OKU Selatan, Sumatra Selatan.....	135
Gambar 7.43	Perkembangan Lingkungan Pengendapan Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Rambangnia, OKU Selatan, Sumatra Selatan.....	136
Gambar 7.44	Peta Pengukuran Stratigrafi Rinci di Lintasan Air Saka, Sumatra Selatan	138
Gambar 7.45	Kolom Stratigrafi Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka, OKU Selatan, Sumatra Selatan.....	139
Gambar 7.46	Lapisan <i>wackestone</i> disisipi oleh <i>mudstone</i> , merupakan penyusun bagian bawah Formasi Baturaja. Lokasi 107, lihat Gambar 7.44, Lintasan Air Saka.	140
Gambar 7.47	Singkapan <i>packstone</i> yang berlapis sedang hingga tebal, merupakan penyusun bagian atas Formasi Baturaja. Lokasi 112, lihat Gambar 7.44, Lintasan Air Saka.	141
Gambar 7.48	Ringkasan komponen penyusun batugamping Formasi Baturaja di lintasan Air Saka, OKU Selatan, Sumatera Selatan berdasarkan data petrografi	142
Gambar 7.49	Sayatan pipih <i>packstone</i> yang memperlihatkan butiran foraminifera besar bentonik (lbf) dan moluska (mol) sebagian terganti menjadi pseudosparit (pse), di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Sampel 05SM110C, lihat Gambar 7.45, kedudukan lensa nikol bersilang.	148
Gambar 7.50	Sayatan pipih <i>packstone-floatstone</i> yang memperlihatkan fosil foraminifera besar bentonik (lbf; <i>Lepidocyclina sp.</i>), ganggang merah (ral) dan moluska tergantikan, serta lumpur karbonat (cmd) tergantikan. Sampel 05SM112a, lihat Gambar 7.45, kedudukan lensa nikol bersilang.....	148
Gambar 7.51	Sayatan pipih <i>packstone</i> dengan penyemenan oleh orthosparit (ort), penggantian intraklas (int) menjadi pseudosparit (pse), dan pengekeran fosil ganggang merah (ral). Sampel 05SM105, lihat Gambar 7.45, kedudukan lensa nikol bersilang.....	149

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Gambar 7.52	Sayatan pipih <i>grainstone</i> dengan foraminifera besar bentonik (lbf) dominan diikat oleh orthosparit (ort). Tampak keporian (por) gerowong (<i>vug</i>) hasil pelarutan semen di antara butiran. Sampel 05SM115a, lihat Gambar 7.45, kedudukan lensa nikol bersilang. 150
Gambar 7.53	Peta Pengukuran Stratigrafi Rinci di Lintasan Air Malau, OKU Selatan, Sumatra Selatan 157
Gambar 7.54	Kolom Litostratigrafi Rinci di Lintasan Air Malau, OKU Selatan, Sumatra Selatan. 158
Gambar 7.55	<i>Wackestone</i> , berkembang menjadi batugamping nonklastika <i>bindstone</i> dengan pola lapisan terstilolitkan, merupakan penyusun bagian bawah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 202 (lihat Gambar 7.53) Lintasan Air Malau. 159
Gambar 7.56	<i>Packstone</i> berlapis baik dan berkembang menjadi <i>floatstone</i> , merupakan penyusun bagian bawah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 203 (lihat Gambar 7.53) Lintasan Air Malau. 159
Gambar 7.57	<i>Wackestone</i> terstilolitkan, bagian bawahnya mengalir sungai bawah tanah, merupakan penyusun bagian tengah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 205 (lihat Gambar 7.53) Lintasan Air Malau. 160
Gambar 7.58	<i>Bindstone</i> yang memperlihatkan struktur berbuku-buku, merupakan penyusun bagian tengah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 205 (lihat Gambar 7.53) Lintasan Air Malau. 161
Gambar 7.59	<i>Wackestone</i> ditindih oleh <i>floatstone</i> berlapis tebal, merupakan penyusun bagian atas Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 208–209 (lihat Gambar 7.53) Lintasan Air Malau. 161
Gambar 7.60	<i>Wackestone</i> dengan sisipan <i>grainstone</i> , <i>packstone</i> pasir dan batulempung gampingan, merupakan penyusun bagian teratas Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 212 (lihat Gambar 7.53) Lintasan Air Malau. 162
Gambar 7.61	Batugamping <i>wackestone</i> dengan sedikit foraminifera besar bentonik (lbf), moluska terganti (mol) di dalam matriks lumpur karbonat (cmd), mencirikan SMF10-FZ7 daerah lerengan lokal belakang terumbu. Kode sampel SM209B (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol bersilang. 163
Gambar 7.62	Batugamping <i>packstone</i> dengan fosil beragam seperti foraminifera besar bentonik (lbf), moluska terganti (mol) dan pelet (pel) di dalam matriks lumpur karbonat (cmd), mencirikan SMF10-FZ7 daerah lerengan lokal belakang terumbu. Kode sampel SM202A (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol bersilang. 165
Gambar 7.63	Batugamping <i>packstone</i> dengan beberapa intraklas (int), foraminifera besar bentonik (lbf), ganggang merah (ral) yang telah tercuci dan tarabrasi, mencirikan SMF10-FZ7 daerah lerengan lokal belakang terumbu. Kode sampel SM205D (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol bersilang. 166
Gambar 7.64	Batugamping <i>packstone</i> dengan beberapa intraklas (int), foraminifera besar bentonik (lbf), ganggang merah (ral) di dalam matriks lumpur karbonat (cmd), serta beberapa orthosparit (ort), mencirikan SMF5-FZ4 fasies sayap terumbu. Kode sampel SM206B (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol bersilang. 167

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Gambar 7.65	Batugamping <i>wackestone/floatstone</i> dengan intraklas (int) dan bryozoa (bry) berukuran kasar di dalam matriks lumpur karbonat (cmd), mencirikan SMF5-FZ4 fasies sayap terumbu. Kode sampel SM207B (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol bersilang.....	167
Gambar 7.66	Bagian matriks pada batugamping <i>bindstone</i> yang diperkirakan merupakan bagian terumbu lokal (<i>patch-reef</i>), dengan fosil moluska terganti (mol) di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Kode sampel SM205C (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol sejajar.....	168
Gambar 7.67	Batugamping <i>packstone</i> pasiran dengan beragam bioklastika dan material terigen (ter), mencirikan SMF12-FZ6 paparan tertampi. Kode sampel SM213B (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol bersilang.....	170
Gambar 7.68	Batugamping <i>packstone</i> pasiran, material terigen (ter) semakin banyak, masih mencirikan SMF12-FZ6 paparan tertampi. Kode sampel SM213C (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol bersilang.	170
Gambar 7.69	Ringkasan komponen penyusun batuan karbonat Formasi Baturaja di Lintasan Air Malau, OKU Selatan, Sumatra Selatan berdasarkan data petrografi.	171
Gambar 7.70	Persentase perbandingan komponen fosil pada batuan karbonat Formasi Baturaja di Lintasan Air Malau, OKU Selatan, Sumatra Selatan berdasarkan data petrografi.....	173
Gambar 7.71	Peta Lokasi Daerah Penelitian di Bandung Barat.....	176
Gambar 7.72	Peta Geologi Daerah Citatah, Bandung Barat dan Lokasi Lintasan Pengukuran Stratigrafi	178
Gambar 7.73	Peta Pengukuran Stratigrafi dan pengambilan Sampel Batuan di Lintasan Sanghyang.....	179
Gambar 7.74	Kolom Stratigrafi Formasi Rajamandala di Lintasan Sanghyang, Jawa Barat	180
Gambar 7.75	Batugamping <i>boundstone</i> yang dipotong oleh PT Indoraya untuk bahan baku marmer. Batuan ini merupakan bagian bawah batugamping Formasi Rajamandala. Difoto di lokasi 234 (lihat Gambar 7.73), Lintasan Sanghyang	181
Gambar 7.76	Batugamping <i>boundstone</i> yang tumbuh di atas batugamping <i>rudstone</i> . Batuan ini merupakan bagian bawah batugamping Formasi Rajamandala. Difoto di lokasi 240 (lihat Gambar 7.73), Lintasan Sanghyang	181
Gambar 7.77	Perlapisan batugamping <i>boundstone</i> yang tumbuh di atas batugamping <i>rudstone</i> di lokasi yang lain. Batuan ini merupakan bagian bawah batugamping Formasi Rajamandala. Difoto di lokasi 245 (lihat Gambar 7.73), Lintasan Sanghyang	182
Gambar 7.78	Salah satu bukit batugamping yang dikupas oleh PT Multi Marmer Alam. Runtunan batuan disini merupakan bagian bawah hingga tengah batugamping Formasi Rajamandala. Difoto dari lokasi 253 (lihat Gambar 7.73), Lintasan Sanghyang.....	183
Gambar 7.79	Batugamping <i>grainstone-rudstone</i> ditindih oleh batugamping <i>boundstone</i> , bagian tengah batugamping Formasi Rajamandala. Difoto di lokasi 256 (lihat Gambar 7.73), Lintasan Sanghyang	184

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Gambar 7.80	Batugamping <i>rudstone</i> dengan berbagai komponen fragmen yang merupakan bagian atas batugamping Formasi Rajamandala. Difoto di lokasi 260 (lihat Gambar 7.73.), Lintasan Sanghyang.....	185
Gambar 7.81	Batugamping bioklastika yang membentuk seri perlapisan. Batuan ini merupakan bagian teratas batugamping Formasi Rajamandala. Difoto di lokasi 263 (lihat Gambar 7.73), Lintasan Sanghyang.....	185
Gambar 7.82	Tampak dekat <i>rudstone</i> yang masih mengandung bongkahan batugamping koral (<i>boundstone</i>), yang merupakan bagian teratas batugamping Formasi Rajamandala. Difoto di lokasi 264 (lihat Gambar 7.73), Lintasan Sanghyang.	186
Gambar 7.83	Batugamping <i>boundstone</i> dengan komponen kerangka koral berbuku-buku (<i>cor</i>), selain sedikit ganggang merah (<i>ral</i>) dan moluska (<i>mol</i>). Batuan ini merupakan bagian bawah batugamping Formasi Rajamandala. Kode sampel SM238A, lihat Gambar 7.74, dengan kedudukan lensa nikol sejajar.....	189
Gambar 7.84	Batugamping <i>rudstone/grainstone</i> dengan komponen kepingan ganggang merah (<i>ral</i>) yang terpotong sesar mikro (<i>fra</i>) dan sedikit termikritkan (<i>mic</i>), koral (<i>cor</i>), dan foraminifera bentonik (<i>for</i>). Batuan merupakan bagian bawah batugamping Formasi Rajamandala. Kode sampel SM243A, lihat Gambar 7.74, dengan kedudukan lensa nikol sejajar.	189
Gambar 7.85	Batugamping <i>grainstone</i> dengan komponen kepingan foraminifera besar (<i>for</i>) dan sedikit moluska (<i>mol</i>) dengan hubungan bergerigi (<i>s-c</i>) akibat pemampatan. Tampak keporian gerowong (<i>por</i>). Batuan merupakan bagian tengah batugamping Formasi Rajamandala. Kode sampel SM256A, lihat Gambar 7.74, dengan kedudukan lensa nikol sejajar.....	190
Gambar 7.86	Batugamping <i>boundstone</i> dengan komponen kerangka koral berbuku-buku (<i>cor</i>) yang kadang-kadang termikritkan (<i>mic</i>) dengan keporian <i>growth-framework</i> (<i>por</i>). Batuan merupakan bagian tengah batugamping Formasi Rajamandala. Kode sampel SM255B, lihat Gambar 7.74, dengan kedudukan lensa nikol sejajar.	190
Gambar 7.87	Batugamping <i>grainstone</i> dengan komponen dikuasai oleh kepingan foraminifera besar (<i>for</i>) yang kadang termikritkan (<i>mic</i>) dan sangat jarang moluska tergantikan (<i>mol</i>) dengan sedikit hubungan bergerigi (<i>s-c</i>) akibat pemampatan. Batuan merupakan bagian atas batugamping Formasi Rajamandala. Kode sampel SM258B, lihat Gambar 7.74, dengan kedudukan lensa nikol sejajar.	191
Gambar 7.88	Batugamping <i>packstone</i> dengan komponen butiran karbonatnya terdiri atas foraminifera besar (<i>for</i>) selain moluska tergantikan (<i>mol</i>), ganggang merah (<i>ral</i>), dan intraklas (<i>int</i>) yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (<i>cam</i>). Batuan merupakan bagian atas batugamping Formasi Rajamandala. Kode sampel SM263A, lihat Gambar 7.74, dengan kedudukan lensa nikol sejajar.	192
Gambar 7.89	Peta Pengukuran Stratigrafi di Lintasan Gua Pawon, Bandung Barat.	195
Gambar 7.90	Kolom Stratigrafi Formasi Rajamandala di Lintasan Gua Pawon, Bandung Barat.....	196

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Gambar 7.91	Kenampakan Singkapan Batugamping di Lintasan Gua Pawon pada Bagian Bawah Runtunan Stratigrafi yang Kebanyakan Telah Terpengaruh oleh Kekar dan Penggerusan Batuan.	197
Gambar 7.92	Kenampakan Gua Pawon dengan Mulut Gua Lebih dari 10 Meter..	197
Gambar 7.93	Kenampakan Singkapan Batugamping di Lintasan Gua Pawon pada Bagian Tengah Runtunan Stratigrafi yang Berupa Fasies <i>Packstone-Wackestone</i> Berlapis Baik.....	198
Gambar 7.94	Kenampakan Singkapan Batugamping di Lintasan Gua Pawon pada Bagian Atas Runtunan Stratigrafi yang Berupa Fasies <i>Packstone-Wackestone</i> yang Melampar di Permukaan Gunung.	198
Gambar 7.95	<i>Packstone</i> yang terpilah buruk, dengan butiran karbonat beragam, seperti foraminifera besar bentonik (lbf), moluska (mol), ganggang merah (ral), echinodermata (ech), serta intraklan (int) kepingan batugamping terumbu, penciri fasies sayap terumbu. Kode sampel SM214A (lihat Gambar 7.90), penyusun bagian bawah Formasi Rajamandala.....	203
Gambar 7.96	<i>Packstone</i> dengan butiran karbonat telah terabrasi dan tercuci, berupa foraminifera besar bentonik (lbf), foraminifera kecil bentonik (sbf), ganggang merah (ral), bryozoa (bry), dan intraklas (int) di dalam matriks lumpur karbonat (cmd), penciri endapan lerengan lokal terumbu belakang. Kode sampel SM210A (lihat Gambar 7.90), penyusun bagian bawah Formasi Rajamandala.....	203
Gambar 7.97	<i>Boundstone</i> yang merupakan pembangun terumbu dengan kerangka koral (cor) dominan diikat oleh sedikit orthosparit (ort), sebagai penciri fasies bangunan terumbu di tepi paparan. Kode sampel SM208A (lihat Gambar 7.90), penyusun bagian tengah Formasi Rajamandala.	204
Gambar 7.98	<i>Boundstone</i> (stromatolit ganggang; ral) dengan pengerakan dan struktur perarian, yang merupakan salah satu komponen <i>packstone</i> , sebagai penciri fasies sayap terumbu. Kode sampel SM206B (lihat Gambar 7.90), penyusun bagian bawah Formasi Rajamandala.	204
Gambar 7.99	<i>Wackestone</i> yang terpilah buruk dengan fosil beragam, dan intraklas kepingan batugamping terumbu (int) di dalam matriks lumpur karbonat (cmd), penciri endapan lerengan lokal terumbu belakang. Kode sampel SM202B (lihat Gambar 7.90), penyusun bagian atas Formasi Rajamandala.	205
Gambar 7.100	<i>Packstone</i> yang terpilah buruk dan terdukung butiran, terutama fosil foraminifera besar bentonik (lbf), penciri endapan lerengan lokal terumbu belakang. Batuan tampak tersesarkan dan terdolomitkan. Kode sampel SM201 (lihat Gambar 7.90), penyusun bagian atas Formasi Rajamandala.	206
Gambar 7.101	Mikrofoto Rekaman Proses Pendolomitan yang Memperlihatkan Pola Seleksi Kemas.	208
Gambar 7.102	Mikrofoto Rekaman Proses Pendolomitan yang Memperlihatkan Pola Tanpa Seleksi Kemas.	209
Gambar 7.103	Mikrofoto Rekaman Proses Pendolomitan yang Memperlihatkan Kristal Dolomit Modal-Tunggal.....	209

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Gambar 7.104	Mikrofoto Rekaman Proses Pendolomitan yang memperlihatkan Struktur Siluman Butiran Karbonat.	210
Gambar 7.105	Mikrofoto rekaman Proses Pendolomitan yang Memperlihatkan Kristal Dolomit Modal-Jamak.....	211
Gambar 7.106	Mikrofoto Rekaman Proses Pendolomitan yang Memperlihatkan Pendolomitan pada Kalsit Isian Kekar Gerus.	211
Gambar 7.107	<i>Peak</i> pengujian mineralogi XRD yang memperlihatkan mineral kalsit yang sebagian kecil berubah menjadi dolomit (a), mineral kalsit jumlahnya seimbang dengan dolomit (b), mineral kalsit sebagian besar telah berubah menjadi dolomit (c), dan batuan hampir berubah total menjadi dolomit (d).	212
Gambar 7.108	Peta Geologi Daerah Kulonprogo dan Lokasi Lintasan Gua Kiskendo.....	215
Gambar 7.109	Peta Pengukuran Stratigrafi Rinci di Lintasan Gua Kiskendo, Kulonprogo.....	217
Gambar 7.110	Kolom Stratigrafi Bagian Bawah dan Tengah Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo pada Segmen 1.....	218
Gambar 7.111	Kolom Stratigrafi Bagian Tengah dan Atas Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo pada Segmen 2.....	219
Gambar 7.112	Kolom Stratigrafi Bagian Tengah Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo pada Segmen 3.....	220
Gambar 7.113	Kolom Stratigrafi Bagian Tengah dan Atas Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo pada Segmen 4.....	221
Gambar 7.114	Kolom Stratigrafi Bagian Atas Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo, pada Segmen 5.....	222
Gambar 7.115	Korelasi Antarkolom Stratigrafi Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo.....	222
Gambar 7.116	<i>Rudstone</i> yang terpilah sangat buruk dan mengandung kepingan koral berukuran sangar kasar, menyusun bagian bawah Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo. Difoto di lokasi 105, lihat Gambar 7.109, kode sampel SM105.....	223
Gambar 7.117	Singkapan <i>wackestone</i> berlapis baik dengan sisipan napal menyerpih, menyusun bagian tengah Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo. Difoto di lokasi 130, lihat Gambar 7.109, kode sampel SM141.....	223
Gambar 7.118	<i>Packstone</i> yang berlapis buruk, masih lumpuran, dengan beberapa kepingan bioklastika yang berukuran beragam, menyusun bagian atas Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo. Difoto di lokasi 141, lihat Gambar 7.109, kode sampel SM158.....	224
Gambar 7.119	<i>Wackestone/floatstone</i> dengan intraklas (int) kerangka koral dan bryozoa selain foraminifera (for) yang beberapa bagian terganti menjadi pseudosparit (pse), dengan matriks lumpur karbonat (cmd). Batuan ini menyusun bagian bawah Formasi Jonggrangan. Kode sampel SM110 (lihat Gambar 7.110), kedudukan lensa nikol bersilang.	227

Gambar 7.120	<i>Wackestone</i> yang cenderung menjadi <i>floatstone</i> dengan beberapa bioklas moluska (mol) terganti menjadi pseudosparit (pse), ganggang merah (ral), foraminifera (for), ekstraklas (int) dan material terigen (ter) khususnya feldspar. Batuan ini menyusun bagian tengah Formasi Jonggrangan. Kode sampel SM119 (lihat Gambar 7.111), kedudukan lensa nikol bersilang 228
Gambar 7.121	<i>Packstone</i> dengan pencucian fosil yang sudah cukup baik. Tampak bioklas foraminifera (for), moluska (mol), ganggang merah (ral), dan intraklas (int) batugamping terumbu koral (cor) yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Batuan ini menyusun bagian tengah Formasi Jonggrangan. Kode sampel SM126 (lihat Gambar 7.111), kedudukan lensa nikol bersilang..... 228
Gambar 7.122	<i>Wackestone</i> dengan beberapa fosil pengerakan ganggang merah (ral), bryozoa (bry) yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat tergantikan menjadi mikrosparit (mic), dengan pengisian retakan oleh orthosparit (ort). Batuan ini menyusun bagian atas Formasi Jonggrangan. Kode sampel SM153 (lihat Gambar 7.113), kedudukan lensa nikol bersilang. 229
Gambar 7.123	<i>Floatstone</i> dengan beberapa fosil foraminifera (for), ganggang merah (ral), moluska (mol) sebagian tergantikan menjadi pseudosparit (pse) dan berada di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Batuan ini menyusun bagian atas Formasi Jonggrangan. Kode sampel SM157 (lihat Gambar 7.114), kedudukan lensa nikol bersilang. 230
Gambar 7.124	Peta Geologi Daerah Kulonprogo serta Lokasi Pengasih dan Hargorejo. 232
Gambar 7.125	Kolom Stratigrafi Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo, Kokap, Kulonprogo..... 233
Gambar 7.126	Beberapa kenampakan singkapan batugamping Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo, Kokap, Kulonprogo, yang memperlihatkan A) hubungan bawah lapisan erosional, B) butiran yang berukuran pasir sangat kasar hingga kerikilan, C) pola perlapisan yang relatif seragam, D) pemilahan butiran sedang, E) perlapisan baik yang lain, dan F) rongga pelarutan tidak teratur..... 234
Gambar 7.127	Batugamping <i>grainstone</i> pada Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo yang memperlihatkan butiran karbonat terpilah sedang hingga bagus. Kedudukan lensa nikol bersilang, tanpa penodaan kimia. 237
Gambar 7.128	Batugamping <i>grainstone</i> pada Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo yang memperlihatkan pencucian butiran karbonat yang cukup baik. Kedudukan lensa nikol sejajar, tanpa penodaan kimia..... 238
Gambar 7.129	Batugamping <i>grainstone</i> pada Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo yang memperlihatkan butiran karbonat dominan foraminifera bentonik dan moluska. Kedudukan lensa nikol bersilang, dengan penodaan kimia..... 238

Buku ini tidak diperjualbelikan.

- Gambar 7.130 Batugamping *grainstone* pada Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo yang memperlihatkan butiran karbonat diikat sempurna oleh orthosparit. Kedudukan lensa nikol bersilang, dengan penodaan kimia..... 239
- Gambar 7.131 Batugamping *grainstone* pada Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo yang memperlihatkan beberapa penggantian dan pelarutan pada butiran karbonat. Kedudukan lensa nikol bersilang, tanpa penodaan kimia... 240
- Gambar 7.132 Batugamping *grainstone* pada Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo yang memperlihatkan butiran karbonat dominan foraminifera bentonik (for) dan moluska (mol) dengan cetakan pelarutan yang terisi oleh orthosparit (neo). Kedudukan lensa nikol bersilang, tanpa penodaan kimia..... 240
- Gambar 7.133 Kolom Stratigrafi Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih, Kulonprogo 243
- Gambar 7.134 *Packstone* yang membentuk perlapisan baik dan kadang-kadang berkembang menjadi *wackestone*, menyusun bagian bawah Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih. Difoto di lokasi SM63 (lihat Gambar 7.124)..... 244
- Gambar 7.135 Singkapan *grainstone-packstone* berlapis baik dengan sisipan tipis napal pejal, menyusun bagian tengah Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih. Difoto di lokasi SM66 (lihat Gambar 7.124). 245
- Gambar 7.136 *Packstone* pasiran yang berlapis buruk dan berukuran butir sedang-kasar, menyusun bagian atas Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih. Difoto di lokasi SM55 (lihat Gambar 7.124). 245
- Gambar 7.137 *Grainstone-packstone* berlapis sedang yang berselingan dengan napal pejal, menyusun bagian atas Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih. Difoto di lokasi SM53 (lihat Gambar 7.124). 246
- Gambar 7.138 *Packstone* dengan beberapa bioklas beragam meskipun masih dikuasai oleh foraminifera (for), sedikit echinodermata (ech), ganggang merah (ral), diikuti beberapa intraklas (int), tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cm) sebagian tergantikan. Batuan ini menyusun bagian bawah Formasi Sentolo. Kode sampel SG60A, lihat Gambar 7.133, kedudukan lensa nikol bersilang. 249
- Gambar 7.139 *Packstone* dengan bioklas dikuasai oleh foraminifera bentonik (for) dan ganggang merah (ral), diikuti intraklas (int) yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cm). Batuan ini menyusun bagian bawah Formasi Sentolo. Kode sampel SG62B, lihat Gambar 7.133, kedudukan lensa nikol bersilang. 249
- Gambar 7.140 *Packstone* dengan bioklas foraminifera (for), moluska (mol), ganggang merah (ral), dan echinodermata (ech) yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cm). Batuan ini menyusun bagian tengah Formasi Sentolo. Kode sampel SG64C, lihat Gambar 7.133, kedudukan lensa nikol bersilang. 250
- Gambar 7.141 *Grainstone* dengan pencucian fosil yang sudah cukup baik. Tampak bioklas foraminifera (for), ganggang merah (ral), sedikit moluska (mol),

Buku ini tidak diperjualbelikan.

	dan intraklas (<i>int</i>) yang diikat oleh orthosparit kalsit sangat halus hingga halus. Batuan ini menyusun bagian tengah Formasi Sentolo. Kode sampel SG65, lihat Gambar 7.133, kedudukan lensa nikol sejajar.....	251
Gambar 7.142	<i>Grainstone</i> yang terpilah buruk dan bebas matriks lumpur karbonat. Tampak bioklas foraminifera (<i>for</i>), bryozoa (<i>bry</i>), ganggang merah (<i>ral</i>), echinodermata (<i>ech</i>), dan intraklas (<i>int</i>). Batuan ini menyusun bagian atas Formasi Sentolo. Kode sampel SG54B, lihat Gambar 7.133, kedudukan lensa nikol bersilang.....	251
Gambar 7.143	<i>Grainstone</i> dengan beberapa bioklas foraminifera bentonik (<i>for</i>), moluska (<i>mol</i>), ganggang merah (<i>ral</i>), sedikit bryozoa (<i>bry</i>), diikat oleh semen karbonat orthosparit kalsit isopachus hingga mosaik drus (<i>ort</i>). Batuan ini menyusun bagian atas Formasi Sentolo. Kode sampel SG53D, lihat Gambar 7.133, kedudukan lensa nikol bersilang.....	252
Gambar 7.144	Lokasi Gua Gong dan Ngrijang Sengon di Kabupaten Pacitan, Jawa Timur	255
Gambar 7.145	Peta Geologi Daerah Sekitar Pacitan dan Lokasi Penelitian di Gua Gong dan Ngrijang Sengon.....	256
Gambar 7.146	Peta Lintasan Pengukuran Stratigrafi Rinci di Goa Gong, Pacitan, Jawa Timur.....	258
Gambar 7.147	Kolom Stratigrafi Rinci Batugamping Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong, Pacitan	259
Gambar 7.148	<i>Packstone</i> bioklastika kristalin terstilolitikkan, merupakan penyusun bagian bawah Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong. Difoto di lokasi sampel 13SM101 (lihat Gambar 7.146).	260
Gambar 7.149	<i>Wackestone</i> bioklastika yang memperlihatkan jejak lapisan batuan dan rongga fenestral, merupakan penyusun bagian atas Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong. Difoto di lokasi sampel 13SM114 (lihat Gambar 7.146).	260
Gambar 7.150	<i>Packstone</i> bioklastika yang memperlihatkan kekar dan beberapa rongga pelarutan merupakan penyusun bagian atas Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong. Difoto di lokasi sampel 13SM122 (lihat Gambar 7.146).	261
Gambar 7.151	Endapan gua travertin yang berada di samping mulut Gua Gong, yang merupakan penyusun bagian atas Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong. Difoto di lokasi sampel 13SM124 (lihat Gambar 7.146).....	261
Gambar 7.152	<i>Wackestone</i> bioklastika berukuran sedang, terpilah buruk, dan terdudung matriks lumpur karbonat (<i>cm</i>). Tampak fosil foraminifera besar bentonik (<i>lbf</i>), moluska (<i>mol</i>) tergantikan dengan fase pelarutan, dan jejak bioturbasi (<i>bio</i>). Sampel 13SM104, lihat Gambar 7.147, kedudukan lensa nikol bersilang.	264
Gambar 7.153	<i>Packstone</i> klastika kristalin yang berkembang dengan ukuran sedang dengan beberapa fosil terhablur ulang (<i>pse</i>). Semen kalsit (<i>ort</i>) <i>drussy mosaic</i> anhedral halus (<i>ort</i>) pengisi rongga dalam partikel fosil yang larut, menyisakan sampul mikrit (<i>me</i>). Sampel 13SM108, lihat Gambar 7.147, kedudukan lensa nikol bersilang.	264

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Gambar 7.154	<i>Wackestone</i> klastika kristalin dengan jejak fosil akibat terhablur ulang (pse), begitu pula dengan matriks lumpur karbonat juga telah terhablur ulang menjadi mikrosparit (mic). Sampel 13SM113, lihat Gambar 7.147, kedudukan lensa nikol bersilang. 266
Gambar 7.155	<i>Wackestone</i> dengan kepingan ganggang merah memanjang (ral). Matriks lumpur karbonat sebagian besar telah terhablur ulang menjadi kristal kalsit anedral mosaik blok (pse). Sampel 13SM115, lihat Gambar 7.147, kedudukan lensa nikol bersilang. 266
Gambar 7.156	<i>Wackestone</i> yang berkembang dengan ukuran halus dari butiran karbonat seperti ganggang merah (ral), brachiopoda (bra), dan moluska terganti (mol). Sebagian lumpur karbonat (cm) terhablur ulang menjadi mikrosparit (mic). Sampel 13SM120, kedudukan lensa nikol bersilang... 267
Gambar 7.157	Batugamping kristalin yang berasal dari penghablurulangan <i>packstone</i> . Tampak jejak fosil yang tersusun oleh kristal kalsit anedral mosaik blok (pse), dan penghablurulangan matriks lumpur karbonat menjadi mikrosparit (mic). Sampel 13SM118, lihat Gambar 7.147, kedudukan lensa nikol bersilang. 269
Gambar 7.158	<i>Wackestone</i> yang memperlihatkan pelarutan fosil dan pengisian kembali oleh semen kalsit <i>bladed</i> halus (ort-1) dari lingkungan laut, yang diikuti oleh semen kalsit mosaik blok (ort-2) dari lingkungan air tawar. Sampel 13SM127, lihat Gambar 7.147, kedudukan lensa nikol bersilang..... 270
Gambar 7.159	<i>Wackestone</i> dengan komposisi dominan lumpur karbonat (cm), memperlihatkan pelarutan batuan, diikuti pengisian rongga oleh semen kalsit mosaik anedral (ort) dari lingkungan air tawar. Sampel 13SM125, lihat Gambar 7.147, kedudukan lensa nikol bersilang. 271
Gambar 7.160	Kolom Stratigrafi Rinci Batugamping Formasi Wonosari di Lokasi Ngrijang Sengon, Pacitan. 274
Gambar 7.161	<i>Wackestone</i> yang berlapis buruk, berada di bagian terbawah kolom stratigrafi di Ngrijang Sengon, Pacitan. Difoto di lokasi 14/SG/208A (lihat Gambar 7.160). 275
Gambar 7.162	<i>Wackestone</i> berlapis sedang-tebal dan dengan kandungan fosil terbatas yang merupakan bagian bawah runtunan batuan. Difoto di lokasi 14/SG/208E (lihat Gambar 7.160). 276
Gambar 7.163	Tampak dekat cetakan bioturbasi pada batugamping <i>wackestone</i> halus yang merupakan bagian tengah runtunan batuan. Difoto di lokasi 14/SG/208M (lihat Gambar 7.160). 276
Gambar 7.164	<i>Wackestone-packstone</i> yang mengandung bintal silikaan tipis sekitar 10 cm, yang merupakan bagian atas runtunan batuan. Difoto di lokasi 14/SG/208T (lihat Gambar 7.160). 277
Gambar 7.165	<i>Wackestone</i> penyusun bagian bawah Formasi Wonosari terdukung matriks lumpur karbonat (cmd) dengan fosil moluska (mol) yang telah terabrasi, tercuci, dan tergantikan, yang merupakan endapan laut dangkal dengan sirkulasi terbuka. Kode sampel SGT208B, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang. 279
Gambar 7.166	<i>Packstone</i> penyusun bagian tengah Formasi Wonosari yang dengan fosil beragam, seperti foraminifera besar bentonik (lbf), moluska (mol),

Buku ini tidak diperjualbelikan.

	bryozoa (bry). Tampak isian fosil oleh orthosparit (ort) dan lumpur karbonat (cmd) yang membentuk struktur geopetal sebagai penciri fasies sayap terumbu. Kode sampel SGT208L, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang. 282
Gambar 7.167	<i>Wackestone</i> penyusun bagian tengah Formasi Wonosari yang terdukung matriks lumpur karbonat (cmd). Tampak fosil foraminifera besar bentonik (lbf) termikritkan, yang juga merupakan endapan laut dangkal dengan sirkulasi terbuka. Tampak pula keporian gerowong (por). Kode sampel SGT208O, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang. 282
Gambar 7.168	Batugamping terumbu koral (cor) bermatriks lumpur karbonat (cmd) yang merupakan salah satu kepingan <i>packstone</i> penyusun bagian atas Formasi Wonosari. Batuan ini merupakan endapan sayap terumbu. Kode sampel SGT208P, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang. 283
Gambar 7.169	<i>Wackestone</i> penyusun bagian bawah Formasi Wonosari yang terdukung matriks lumpur karbonat (cmd) dengan foraminifera besar bentonik (lbf) yang masih baik meskipun telah terkena bioturbasi (pengeboran; bio). Kode sampel SGT208A, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang. 284
Gambar 7.170	<i>Wackestone</i> penyusun bagian bawah Formasi Wonosari yang terdukung matriks lumpur karbonat (cmd) dengan fosil moluska (mol) yang telah maupun yang belum tergantikan. Kode sampel SGT208B, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang. 285
Gambar 7.171	<i>Wackestone</i> penyusun bagian bawah Formasi Wonosari yang terdukung matriks lumpur karbonat (cmd) dengan fosil moluska (mol) yang telah tergantikan. Kode sampel SGT208F, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang. 285
Gambar 7.172	<i>Wackestone</i> penyusun bagian tengah Formasi Wonosari yang terdukung matriks lumpur karbonat (cmd) dengan beberapa fosil foraminifera besar bentonik (lbf), ganggang merah (ral), dan kebanyakan moluska (mol) yang belum mupun yang telah tergantikan, hingga terhablur ulang dan membentuk struktur siluman. Kode sampel SGT208J, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang. 286
Gambar 7.173	<i>Wackestone</i> penyusun bagian tengah Formasi Wonosari yang terdukung matriks lumpur karbonat (cmd) yang sebagian larut membentuk keporian (por) atau terisi oleh kristal sangat halus kuarsa anhedral. Tampak fosil foraminifera besar bentonik (lbf) termikritkan. Kode sampel SGT208O, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang. 288
Gambar 7.174	Batugamping terumbu koral yang merupakan salah satu kepingan <i>packstone</i> penyusun bagian atas Formasi Wonosari. Tampak kerangka koral yang larut membentuk keporian (por), sebagian terisi kristal kalsit atau kuarsa halus anhedral (sil). Kode sampel SGT208U, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang. 288
Gambar 7.175	<i>Wackestone</i> penyusun bagian tengah Formasi Wonosari yang terdukung matriks lumpur karbonat (cmd) dengan beberapa fosil foraminifera

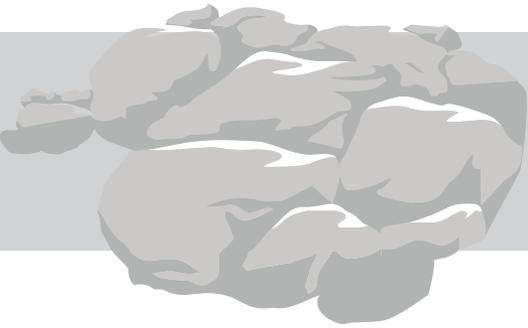
Buku ini tidak diperjualbelikan.

	besar bentonik (lbf) dan moluska (mol). Tampak hubungan butiran me- lengkung akibat pemampatan. Kode sampel SGT208M, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang. 289	
Gambar 7.176	<i>Wackestone</i> penyusun bagian atas Formasi Wonosari yang terdukung matriks lumpur karbonat (cmd). Tampak fosil foraminifera besar ben- tonik (lbf) terhablur ulang, dan sebagian larut meninggalkan rongga keporian sekunder. Kode sampel SGT208R, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang..... 290	
Gambar 7.177	Sejarah Proses Diagenesis dalam Kaitannya dengan Waktu Relatif pada Batugamping Formasi Wonosari di Ngrijang Sengon, Pacitan. 293	
Gambar 7.178	Lokasi Daerah Penelitian di Gunung Talikur dan Sekitarnya, Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan..... 296	
Gambar 7.179	Peta Geologi Daerah Rantau-Kandangan dan Lokasi Gunung Talikur.. 297	
Gambar 7.180	Kolom Stratigrafi Formasi Berai di Gunung Talikur dan Sekitarnya, Kalimantan Selatan..... 300	
Gambar 7.181	Gunung Talikur pada tebing barat di lokasi penelitian yang disusun oleh batugamping berlapis Formasi Berai dan telah diusahakan pendu- duk sebagai bahan galian. Difoto dari lokasi 15SGT01. 301	
Gambar 7.182	Singkatan <i>wackestone</i> berlapis buruk dan membintal, menyusun bagian bawah Formasi Berai di lokasi penelitian. Difoto di lokasi 15SGT05, sebanding dengan lokasi 15SGT27. 301	
Gambar 7.183	<i>Packstone-wackestone</i> yang berlapis buruk, menyusun bagian bawah Formasi Berai di lokasi penelitian. Difoto di lokasi 15SGT18. 302	
Gambar 7.184	<i>Wackestone</i> yang memperlihatkan pengarah butiran karbonat fosil, menyusun bagian tengah Formasi Berai di lokasi penelitian. Difoto di lokasi 15SGT19. 302	
Gambar 7.185	<i>Packstone-wackestone</i> yang berlapis sedang yang menyusun bagian atas Formasi Berai di bagian barat Gunung Talikur. Difoto di lokasi 15SGT25. 303	
Gambar 7.186	Bagian teratas batugamping penyusun Formasi Berai yang berupa sisa lapisan <i>wackestone</i> di sungai kecil sebelah barat Gunung Talikur. Difoto di lokasi 15SGT26. 304	
Gambar 7.187	<i>Wackestone</i> bioklastika yang terpilah buruk dan terdukung matriks lum- pur karbonat (cmd). Tampak bioklas foraminifera (for), dan moluska tergantikan (mol). Batuan ini menyusun bagian tengah Formasi Berai dan terendapkan di lerengan lokal terumbu belakang (SMF10-FZ7). Kode sampel SGT24A, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang. 306	
Gambar 7.188	<i>Wackestone</i> bioklastika dengan beberapa bioklas moluska (mol), gang- gang merah (ral), echinodermata (ech), tersebar di dalam matriks lum- pur karbonat (cmd). Batuan ini menyusun bagian atas Formasi Berai dan terendapkan di lerengan lokal terumbu belakang (SMF10-FZ7). Kode sampel SGT02C, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang. 307	
Gambar 7.189	<i>Packstone</i> bioklastika yang terpilah buruk. Tampak bioklas foraminifera bentonik (for), ganggang merah (ral), diikuti intraklas (int), yang tersebar	

	di dalam matriks lumpur karbonat (cm). Batuan ini menyusun bagian bawah Formasi Berai dan terendapkan di tepi lerengan dan landaian pada paparan tertampi (SMF12-FZ6). Kode sampel SGT27D, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang. 308	
Gambar 7.190	<i>Packstone</i> foraminifera yang sangat buruk. Tampak bioklas foraminifera besar bentonik (for) sangat dominan dengan pengarah, serta sedikit moluska (mol) tergantikan yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Batuan ini menyusun bagian bawah Formasi Berai dan terendapkan di tepi lerengan dan landaian pada paparan tertampi (SMF12-FZ6). Kode sampel SGT18B, lihat Gambar 7.180 kedudukan lensa nikol bersilang. 308	
Gambar 7.191	<i>Packstone</i> bioklastika dengan pencucian fosil yang sudah cukup baik. Tampak bioklas foraminifera (for), ganggang merah (ral), moluska (mol), dan intraklas (int) yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Batuan ini menyusun bagian tengah Formasi Berai dan terendapkan di tepi lerengan dan landaian pada paparan tertampi (SMF12-FZ6). Kode sampel SGT19B, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang. 309	
Gambar 7.192	<i>Packstone</i> foraminifera dengan fosil foraminifera besar bentonik yang terarah sebagai komponen utama penyusun batuan, di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Batuan ini menyusun bagian teratas Formasi Berai dan terendapkan di tepi lerengan dan landaian pada paparan tertampi (SMF12-FZ6). Kode sampel SGT23, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang. 309	
Gambar 7.193	<i>Grainstone</i> foraminifera yang terpilah sedang dan bebas matriks lumpur karbonat. Tampak bioklas telah terabrasi cukup baik, berupa foraminifera (for) sangat menguasai batuan, diikat oleh orthosparit kalsit (ort) mosaik anedral. Batuan ini menyusun bagian atas Formasi Berai dan terendapkan di tepi lerengan dan landaian pada paparan tertampi (SMF12-FZ6). Kode sampel SGT04A, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang. 311	
Gambar 7.194	<i>Boundstone</i> yang pejal dengan kerangka koral (cor) sebagai pembangun utama batuan dengan matriks lumpur karbonat tergantikan (cmd). Batuan ini menyusun bagian atas Formasi Berai dan terbentuk sebagai bangunan terumbu organik di tepi paparan (SMF7-FZ5). Kode sampel SGT04C, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang..... 311	
Gambar 8.1	Distribusi Batugamping pada Eosen Akhir dan Miosen Awal dalam Kaitannya dengan Paleografi di Asia Tenggara. 316	
Gambar 8.2	Stratigrafi Regional Cekungan Busur Belakang di Sumatra 317	
Gambar 8.3	Stratigrafi Regional di Jawa Utara Bagian Barat..... 318	
Gambar 8.4	Stratigrafi Regional di Jawa Utara Bagian Timur..... 319	
Gambar 8.5	Stratigrafi Regional di Jawa Daratan Bagian Tengah dan Timur 320	
Gambar 8.6	Stratigrafi Regional di Kalimantan Bagian Timur. 321	

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



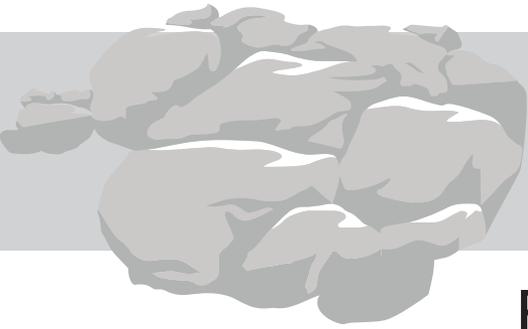
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ukuran Diameter Butiran	8
Tabel 2.2	Ukuran Diameter Kristal.....	8
Tabel 6.1	Petunjuk untuk Penentuan Tipe Standar Mikrofasies	80
Tabel 7.1	Ringkasan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Kiti, Ogan Komering Ulu.....	109
Tabel 7.2	Ringkasan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Rambangnia, Sumatra Selatan.....	126
Tabel 7.3	Ringkasan Analisis Petrografi, khususnya batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka, Sumatra.....	144
Tabel 7.4	Ringkasan Rekaman Proses Diagenesis yang Teramati pada Analisis Petrografi Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka, Sumatra Selatan.	147
Tabel 7.5	Nilai Koefisien Korelasi Regresi Antar-rekaman Proses Diagenesis Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka, Sumatra Selatan	152
Tabel 7.6	Nilai Koefisien Korelasi Spearman (<i>r_s</i>) Antara Komponen Butiran Karbonat dan Rekaman Proses Diagenesis Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka, Sumatra Selatan	155
Tabel 7.7	Nilai Koefisien Korelasi Kendall (<i>tau</i>) antara Komponen Butiran Karbonat dan Rekaman Proses Diagenesis Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka, Sumatra Selatan	155
Tabel 7.8	Ringkasan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Malau, Sumatra.	164
Tabel 7.9	Ringkasan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Rajamandala di Lintasan Sanghyang, Bandung Barat.....	187
Tabel 7.10	Hasil Pengujian Petrografi dan Mineralogi XRD Batugamping Formasi Rajamandala di Lintasan Gua Pawon Bandung Barat.....	200
Tabel 7.11	Ringkasan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo, Kulonprogo.....	225
Tabel 7.12	Ringkasan Hasil Uji Petrografi Batugamping Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo, Kokap, Kulonprogo	236
Tabel 7.13	Rerata Komponen Batugamping Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo, Kokap, Kulonprogo, Berdasarkan Hasil Uji Petrografi.....	237

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tabel 7.14 Ringkasan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih, Kulonprogo.....	247
Tabel 7.15 Ringkasan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Wonosari di Lintasan Goa Gong, Pacitan.....	263
Tabel 7.16 Ringkasan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Wonosari di Lokasi Ngrijang Sengon, Pacitan.....	278
Tabel 7.17 Ringkasan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Berai di Gunung Talikur dan sekitarnya, Kalimantan Selatan.....	305
Tabel 8.1 Komposisi Kimia Semen Portland Menurut Charter & Smith (1958).....	328

Buku ini tidak diperjualbelikan.



PENGANTAR PENERBIT

Sebagai penerbit ilmiah, LIPI Press mempunyai tanggung jawab untuk menyediakan terbitan ilmiah yang berkualitas. Upaya tersebut merupakan salah satu perwujudan tugas LIPI Press untuk ikut serta dalam mencerdaskan kehidupan bangsa sebagaimana yang diamanatkan dalam pembukaan UUD 1945.

Buku ilmiah ini mengulas tentang keadaan dan perkembangan lingkungan pengendapan batugamping Paleogen-Neogen, khususnya di Indonesia bagian barat, dalam kaitannya dengan keterdapatan sumber daya energi dan mineral. Terkait penyebaran standar mikrofases yang dikaitkan dengan zona fases juga dijelaskan di dalam buku ini, tentunya dengan dilengkapi peta lokasi dan metode penelitiannya.

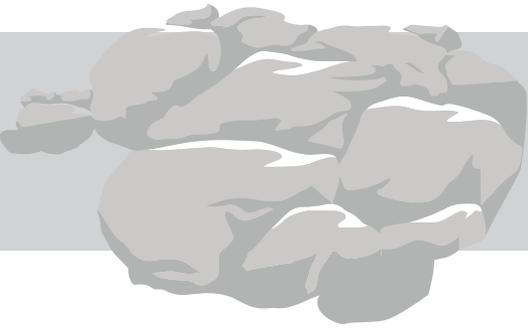
Selain itu, yang dibahas di dalam buku ini tidak hanya pengenalan terhadap batugamping, seperti komponen, tekstur, struktur, dan klasifikasi batugamping tersebut, tetapi juga tentang sembilan fases pengendapan dan 26 standar mikrofases batugamping. Untuk itu, diharapkan buku ini tidak saja bermanfaat bagi para peneliti yang tertarik meneliti batugamping, tetapi juga bagi dosen dan mahasiswa ilmu kebumihan.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penerbitan buku ini.

LIPI Press

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



KATA PENGANTAR

Publikasi tentang aspek sedimentologi, khususnya mikrofases batugamping, di Indonesia sangat terbatas. Hasil penelitian aspek sedimentologi batugamping pada umumnya berupa laporan teknis internal di tiap-tiap unit penelitian, baik instansi pemerintah, swasta, maupun universitas. Di lain pihak, kondisi mikrofases batugamping di suatu daerah tertentu sangat berkaitan erat dengan ketersediaan hidrokarbon. Untuk itulah, saya menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya atas usaha penulis menyusun buku tentang mikrofases batugamping ini sehingga dapat menghasilkan buku yang layak sebagai acuan bagi para ahli kebumian.

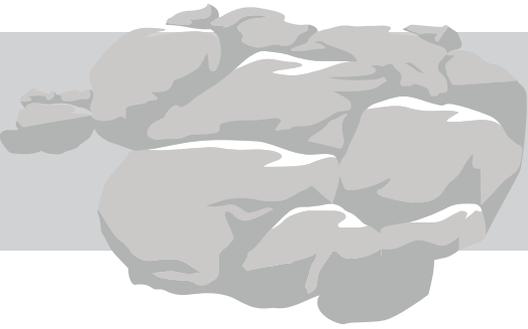
Penerbitan buku ini atas kerja sama Pusat Survei Geologi dengan LIPI Press. Untuk itu semua, saya mengucapkan terima kasih. Semoga kerja sama yang baik ini dapat diteruskan dan dikembangkan pada kegiatan yang lain.

Seperti harapan saya sebelumnya, semoga buku ini dapat menjadi acuan bagi para ahli geologi atau ahli kebumian lainnya untuk meneliti lebih lanjut tentang aspek batugamping. Saya juga berharap penerbitan buku ini dapat memberikan motivasi bagi para ahli geologi lainnya di lingkungan Pusat Survei Geologi khususnya dan Badan Geologi pada umumnya untuk menulis buku lain yang sesuai dengan bidang kepakaran masing-masing.

Bandung, Desember 2016

Dr. Ir. Muhammad Wafid, M.Sc.
Kepala Pusat Survei Geologi

Buku ini tidak diperjualbelikan.



PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulisan buku yang berjudul *Mikrofasies Batugamping: Studi Batugamping Paleogen-Neogen di Indonesia Bagian Barat* ini dapat selesai sesuai dengan waktu yang telah direncanakan. Kegiatan penulisan buku ini, termasuk proses editing, perbaikan, dan pencetakan, dilakukan dalam dua tahun anggaran (2016–2017).

Pada kesempatan yang berbahagia ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, atas pemberian dukungan, kesempatan, fasilitas, dan dana kepada penulis untuk melakukan penyusunan buku ini. Kepala Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, atas dukungan dan pemberian motivasi kepada penulis. Para editor yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan untuk memperkaya isi dan meningkatkan mutu buku ini. Kepada Saudara Heriyanto, Herwin Syah, Novan Priyagus Mirza, Agung Hendri Purnama yang telah membantu dalam pemotretan sayatan pipih, penggambaran, layout, dan pengurusan administrasi sampai buku ini dapat diterbitkan. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu baik yang telah memberi koreksi dan masukan maupun bantuan untuk kelancaran kegiatan penyusunan buku ini.

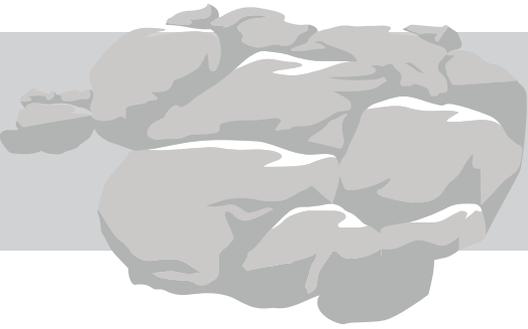
Akhir kata, semoga buku ini dapat bermanfaat bagi para pembaca, khususnya yang berminat terhadap kajian batugamping.

Bandung, Desember 2016

Penulis

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



BAGIAN I

01

PENDAHULUAN

A. PENGERTIAN BATUGAMPING

Batuan karbonat adalah kelompok batuan sedimen yang komponen utamanya berupa mineral karbonat. Ada dua tipe utama batuan karbonat, yaitu batugamping dengan komposisi CaCO_3 dan dolomit dengan komposisi $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (Pellant, 1990). Kapur dan tufa batugamping juga merupakan bagian dari batuan karbonat (Gregg, 2006). Endapan batuan karbonat pada dasarnya merupakan proses pembentukan dan bukan semata-mata pengendapan saja. Kepingan kerangka kalsium karbonat sebagian besar berasal dari sisa organisme laut, selain beberapa yang berasal dari hasil penguapan larutan kalsium karbonat. Kebanyakan endapan karbonat diproduksi di lingkungan laut dangkal yang hangat.

Batugamping merupakan hasil pengendapan dan penguapan material karbonat, baik secara langsung dari larutan karbonat maupun dengan melalui bantuan organisme, saat organisme itu membangun kerangka atau cangkang, dengan lingkungan pengendapan di laut (Milliman, 1974; Wilson, 1975; Sellwood dkk., 1987; Tucker & Wright, 1990; Moore, 2001). Iklim sangat berpengaruh pada pengendapan batugamping. Kebanyakan batugamping sekarang dan batugamping masa lalu merupakan pengendapan pada paparan karbonat dangkal. Lingkungan pengendapan yang ada meliputi laguna dekat pantai, paparan bangunan organik, dan tepi landaian hingga lerengan (Carozzi, 1989). Dalam bentuk sedimen, batugamping dijumpai di lingkungan laut dan beberapa di lingkungan darat, tetapi kelimpahan terbesar terdapat di dasar laut tropis dengan keadaan air hangat, dangkal, dan bersih (James, 1984).

Berikut beberapa mineral utama penyusun batuan karbonat.

<u>Mineral</u>	<u>Kimia</u>	<u>Sistem Kristal</u>
Aragonit	CaCO_3	Orthorombik
Kalsit	CaCO_3	Heksagonal

Magnesit	$MgCO_3$	Heksagonal
Dolomit	$CaMg(CO_3)_2$	Heksagonal
Ankerit	$Ca(Fe,Mg)(CO_3)_2$	Heksagonal
Siderit	$FeCO_3$	Heksagonal

Dalam hal ini, ada beberapa tipe batuan karbonat, antara lain: batugamping adalah batuan karbonat dengan >50% penyusun kalsit atau aragonit; batudolomit adalah batuan karbonat dengan >50% penyusun dolomit; batukapur adalah batuan karbonat yang tidak membatu dengan baik; napal adalah batuan karbonat yang kaya mineral lempung; tufa batugamping adalah batuan karbonat yang terendapkan di sekitar mata air panas; dan travertin adalah batuan karbonat berlapis dan merupakan hasil endapan gua.

B. KONSEP MIKROFASIES

Istilah mikrofases kali pertama dikemukakan oleh Brown (1943), yang mengatakan bahwa “di dalam sayatan pipih, batuan terlihat mempunyai komponen tertentu yang mencirikan pengendapan batuan atau mikrofases”. Dengan demikian, pengertian mikrofases adalah ciri-ciri batugamping yang muncul di dalam sayatan pipih di bawah mikroskop polarisasi (Flugel, 1982) atau didefinisikan sebagai aspek secara menyeluruh ciri-ciri paleontologi dan sedimentologi yang dapat dikelompokkan berdasarkan kenampakan petrografi dan sampel terpolas batugamping (Carozzi, 1989). Selain itu, pengujian kimia batuan, isotop, difraksi sinar-X, dan kilau-katode juga membantu pada analisis mikrofases batugamping (Boggs, 1992).

Pekerjaan lapangan, termasuk pemetaan dan pengukuran stratigrafi, menjadi kunci utama di dalam studi mikrofases (Flugel, 2004). Namun, sebagian besar pengetahuan kita tentang batugamping dihasilkan oleh studi petrografi (Bathurst, 1975). Hasil pekerjaan lapangan yang digabungkan dengan pengujian petrografi dilakukan sebagai dasar dalam interpretasi mikrofases batugamping. Penerapan interpretasi genesis batugamping yang terutama adalah untuk pencarian hidrokarbon. Pada perkembangannya, mikrofases merupakan bagian penting untuk studi batugamping yang membutuhkan pekerjaan terpadu karena proses pengendapan batugamping lebih rumit daripada batuan silisiklastika (Tucker & Wright, 1990).

Selama dua dekade terakhir, mikrofases menjadi bagian penting di dalam studi batugamping. Cukup banyak ahli yang membahas tentang pemerian dan penggolongan batugamping, tetapi sebagian gagal dalam menghubungkan hal

tersebut dengan interpretasi lingkungan pengendapan dan sejarah diagenesis batugamping. Padahal, studi mikrofases memandu kita guna mengetahui muasal dan sejarah batugamping (Flugel, 2004). Beberapa ahli dapat dengan baik menghubungkan antara studi tentang mikrofases dengan analisis cekungan dan studi terapan tentang batugamping.

C. METODE ANALISIS FASIES

1. PEKERJAAN LAPANGAN

Pekerjaan lapangan merupakan pekerjaan geologi, khususnya pemerian petrologi batugamping. Pemerian dapat dilakukan pada singkapan batuan atau dari data pemboran. Aspek pemerian yang umum dilakukan meliputi jenis batuan, struktur, tekstur, warna, kenampakan bidang lapisan, kandungan biota, hubungan stratigrafi, dan bentuk geometri lapisan batuan. Identifikasi kenampakan batugamping di lapangan telah dikemukakan oleh Krumbein dan Sloss (1963), Pettijohn (1975), Boggs (1992), dan banyak ahli yang lain.

Pada dasarnya, identifikasi batugamping di lapangan, baik pada singkapan maupun contoh-setangan, dapat dipermudah dengan menggunakan daftar pemerian seperti di bawah ini.

- 1) Komposisi mineralogi (kalsit dan dolomit) serta penamaan umum batuan karbonat, seperti batugamping, batugamping dolomitan, dolomit, dan napal dengan menggunakan larutan alizarin red-S,
- 2) Warna batuan (baik warna segar maupun warna lapuk) dengan menggunakan standar warna yang telah ditentukan (seperti pada Folk, 1969),
- 3) Pola retakan batuan seperti konkoidal, subkonkoidal, tak teratur, berkeping (*splintery*), retakan mineral, belahan sepanjang batas mineral,
- 4) Komposisi batuan untuk batugamping berbutir halus, termasuk butiran halus, matriks, penyemen, dan keporian batuan,
- 5) Pola perlapisan dan struktur sedimen,
- 6) Kenampakan pendolomitan,
- 7) Kandungan mineral silika, seperti kuarsa dan rijang,
- 8) Kandungan bintal apabila dijumpai,
- 9) Hubungan stratigrafi dan bentuk geometri perlapisan batuan, dan
- 10) Kandungan fosil, termasuk pengawetan, kelimpahan, kriteria ekologi, mikrofosil dan fosil jejak (*trace fossils*).

Formulir untuk pemerian batuan di lapangan dapat mengacu kepada formulir dan identifikasi yang telah dikemukakan oleh Bouma dan Nota (1961), Potter dan

Pettijohn (1963), Pettijohn dan Potter (1964), Ricci Lucci (1970), serta Reineck dan Singh (1973).

2. PENGAMBILAN SAMPEL

Jumlah dan jenis sampel batugamping yang diambil sangat bergantung pada keadaan geologi di lapangan, seperti keadaan singkapan, jenis batugamping, dan ketebalan lapisan. Selain itu, pengambilan sampel batuan juga disesuaikan dengan penggunaannya. Jenis analisis laboratorium yang akan dilakukan sangat memengaruhi jumlah dan jenis sampel yang diambil.

Pada umumnya, metode pengambilan sampel meliputi sampel acak (*random*), sampel sistematis (*systematic*), sampel strata (*stratified*), dan sampel kelompok (*cluster*). Sampel acak diambil tanpa mempertimbangkan jarak maupun interval lapisan batuan. Sampel sistematis diambil dengan mempertimbangkan keteraturan interval yang telah teruji atau sampel yang diambil dengan jarak tegak yang tetap untuk mendukung pengujian statistika. Sampel strata diambil pada setiap lapisan batuan yang berbeda secara tegak, minimal dua sampel pada setiap lapisan batuan, dan jumlah sampel disesuaikan dengan ketebalan masing-masing lapisan. Sampel kelompok diambil pada masing-masing kelompok batuan yang berbeda fasiesnya secara acak dalam jumlah yang mencukupi.

3. UJI LABORATORIUM

Pengujian di laboratorium merupakan pekerjaan terpenting di dalam identifikasi mikrofases batugamping. Beberapa jenis pengujian laboratorium yang biasa dilakukan untuk identifikasi mikrofases antara lain petrografi sayatan pipih, pemerian sampel poles, mineralogi dengan penodaan kimia, dan pengujian mikroskop elektron.

a. Sayatan Pipih

Prosedur pembuatan sayatan pipih diawali dengan pemotongan sampel hingga membentuk balok $6 \times 3 \times 0,3$ cm. Kemudian lakukan penghalusan salah satu permukaan terluas sampel secara berturut-turut dengan menggunakan bubuk karborundum mesh 120, 320, dan 600. Tempelkan permukaan sampel pada kaca preparat berukuran $2,5 \times 7,5$ cm dengan balsam Kanada batangan atau cairan epoksi. Tipiskan permukaan preparat, kemudian haluskan preparat dengan karborundum mesh 600 dan sesekali diperiksa di bawah mikroskop sampai mineral standar (kuarsa) berwarna interferensi abu-abu ordo 1, lalu cuci preparat dengan pencuci ultrasonik. Lakukan proses penodaan kimia, sebelum sampel ditutup dengan kaca penutup 22×40 mm. Sayatan pipih yang baik apabila permukaannya bersih dari

pengotor, tidak mengandung gelembung udara, sayatan batuan tidak retak atau ada bagian yang terlepas (tanggal) dan tampak utuh dengan ketebalan merata. Pengujian petrografi batugamping dilakukan dengan mikroskop polarisasi. Ciri-ciri batuan yang diidentifikasi antara lain struktur dan tekstur, jumlah, jenis, ragam ukuran serta hubungan antarkomponen penyusun batugamping yang berkaitan dengan proses pengendapan batugamping. Penggunaan mikroskop polarisasi ini menjadikan identifikasi lingkungan pengendapan batuan dikenal sebagai mikrofases.

b. Pemolesan Batuan

Prosedur pemolesan batuan diawali dengan memotong sampel hingga berukuran $10 \times 10 \times 2 \text{ cm}^3$. Gosok permukaan yang dipoles dengan karborundum mesh 120, 320 dan 600, dan cuci dengan air. Haluskan permukaan di kaca kaca besar dengan karborundum mesh 1000, kemudian cuci kembali dengan air. Poles sampel dengan bubuk alumina oksida hingga sampel tampak mengkilap dan cuci kembali dengan air. Lakukan penomoran sampel pada permukaan yang tidak dipoles, dan sampel poles siap diuji. Pengujian sampel poles dapat dilakukan dengan mikroskop binokuler yang juga mengidentifikasi kenampakan yang berkaitan dengan proses pengendapan batugamping. Ciri-ciri struktur dan tekstur batugamping seperti kemas, pemilahan butiran, ukuran dan hubungan butiran dapat diidentifikasi dengan menggunakan sampel terpoles ini.

c. Penodaan Kimia

Prosedur penodaan kimia untuk batugamping dibahas oleh Dickson (1965) serta Adams dkk. (1984). Prosedur penodaan kimia untuk batugamping sangat efektif untuk membedakan mineralogi batugamping. Bahan kimia yang digunakan dalam penodaan kimia meliputi Alizarin red-S, kalium ferricyanida, dan asam klorida. Prosedur penodaan kimia dimulai dengan menyiapkan sayatan pipih yang sudah jadi, tetapi belum ditutup, dan permukaannya dibersihkan dari debu. Siapkan dua larutan penodaan, yaitu a) larutan A: 0,2 gram alizarin red-S dilarutkan dalam 100 ml larutan asam klorida 1,5% dan b) larutan B: 2 gram kalium ferricyanida dilarutkan dalam 100 ml larutan asam klorida 1,5%. Campurkan kedua larutan tersebut dengan perbandingan larutan A:B adalah 3:2. Celupkan setengah sayatan pipih yang sudah siap tersebut selama sekitar 30–45 detik, sambil sedikit digoyang untuk menghilangkan gelembung yang menempel di permukaan sayatan pipih. Cuci sayatan pipih dengan air mengalir, keringkan pada udara normal, kemudian tutup. Sayatan pun siap untuk diuji petrografi.

Uji petrografi dengan penodaan kimia dilakukan di bawah mikroskop polarisasi, dengan mengidentifikasi warna sayatan pipih. Sayatan pipih berwarna kemerahan apabila mempunyai kandungan mineral kalsit. Sayatan pipih berwarna keunguan apabila mempunyai kandungan mineral kalsit feroan. Sayatan pipih berwarna bening apabila mempunyai kandungan mineral dolomit. Sayatan pipih berwarna kebiruan apabila mempunyai kandungan mineral dolomit feroan.

d. Mikroskop Elektron

Teknik preparasi awal dilakukan untuk sampel uji dengan karakter berbeda-beda. Sampel mikrofosil dicuci bersih sesuai dengan prosedur pencucian mikrofosil dan sudah dipisahkan menurut kebutuhan spesies yang akan diuji. Sampel batuan perlu dipecahkan sesuai dengan pola dan bentuk aslinya untuk mendapatkan gambaran mikrostruktur sampel tersebut. Sampel mineral perlu digerus terlebih dahulu yang diikuti dengan pengayakan dan penyeleksian pada mesh berapa mineral terpilih yang banyak terkonsentrasi. Sampel material uji lain diperlakukan sama dengan memperhatikan bahwa sampel harus kering dan bisa ditempel pada dudukan sampel (*sample holder*), ukuran diameter sampel minimal 1 cm, bebas dari kotoran dan debu, serta tidak berminyak (sejenis *jelly* dan aspal; JEOL Hightech Co. Ltd., 2004a, 2004b). Kemudian, sampel ditempatkan pada dudukan sampel, dibersihkan, dan terakhir dilakukan pelapisan (*coating*) gold-paladium (Au: 80% dan Pd²⁰: 20%) dengan peralatan *fine coater* sehingga sampel siap diuji. Pengujian SEM dilakukan dengan pengambilan gambar visual batuan dan mineral atau ditambah dengan pengujian EDX untuk mengetahui unsur kimia yang terkandung di dalam batuan terpilih. Beberapa hal yang dapat diidentifikasi oleh SEM, lebih daripada sekadar petrografi (Flugel, 1984), seperti muasal mikrit, pembentukan ganggang hijau-biru, dan interpretasi perkembangan oolit.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



BAGIAN II

02

KOMPONEN BATUGAMPING

Bagi mahasiswa dan ahli geologi muda, pemerian batugamping tampaknya sangat membosankan (Tucker & Wright, 1990). Pada umumnya, batugamping tidak mempunyai ragam warna yang membedakan antara komponen yang satu dan yang lain. Di bawah mikroskop polarisasi, kenampakan komponen batugamping pada umumnya sangat monoton karena didukung oleh mineral tunggal, yaitu kalsit dan kadang-kadang dolomit (Adams dkk., 1984; Adams & MacKenzie, 1998). Dengan demikian, pemerian batugamping tidak semata-mata untuk mengidentifikasi mineral penyusun batuan, tetapi lebih banyak untuk menentukan jenis komponen penyusun batuan (Ulmer-Scholle & Mosley, 2000; Scholle & Ulmer-Scholle, 2003). Komponen penyusun ini berguna untuk menentukan lingkungan pengendapan (Scholle, 1978; Kendall, 2005) dan ragam proses diagenesis yang telah mempengaruhi batugamping tersebut (Bathurst, 1975; Longman, 1980; Read, 1985; Tucker & Wright, 1990; James, 1991; Ulmer-Scholle & Mosley, 2000; Railsback, 2002; Gregg, 2006). Bab ini menjelaskan tentang konsep dasar dan peristilahan pada pemerian petrografi batugamping. Jenis komponen batugamping dibahas seperti di bawah ini.

A. BUTIRAN

Seperti halnya batuan silisiklastika, pada batugamping juga dikenal istilah butiran. Butiran yang dimaksud adalah seluruh komponen batugamping yang terendapkan secara bersamaan, baik butiran karbonat yang berasal dari lingkungan yang sama maupun butiran nonkarbonat yang berasal dari daratan, atau lebih dikenal sebagai butiran terigen.

1. BUTIRAN KARBONAT

Istilah butiran karbonat dikemukakan oleh Folk (1959), Dunham (1962), dan Leighton dan Pendexter (1962). Komponen butiran karbonat dapat dipisahkan

antara yang satu dan yang lain berdasarkan bentuk, ukuran serta struktur dalamnya (Tucker & Wright, 1990; Kendall, 2005). Butiran karbonat mempunyai beragam ukuran, seperti yang diulas oleh Wentworth (1922) maupun Leighton & Pendexter (1962; Tabel 2.1). Agak berbeda dengan batuan silisiklastika, selain ukuran butiran, di dalam batugamping juga dikenal istilah ukuran kristal (Folk, 1962, Friedman, 1965; Tabel 2.2). Beberapa jenis butiran karbonat menurut para ahli tersebut seperti di bawah ini.

Tabel 2.1 Ukuran Diameter Butiran

Diameter (mm)	Wentworth (1922)	Leighton & Pendexter (1962)
4,0–>8,0	Kerakal	Breksi dan Konglomerat
2,0–4,0	Kerikil	
1,0–2,0	Pasir Sangat Kasar	Pasir Sangat Kasar
0,5–1,0	Pasir Kasar	Pasir Kasar
0,25–0,5	Pasir Sedang	Pasir Sedang
0,12–0,25	Pasir Halus	Pasir Halus
0,06–0,12	Pasir Sangat Halus	Pasir Sangat Halus
0,03–0,06		Butiran Mikro Kasar
0,004–0,03	Lanau	Butiran Mikro Halus
<0,001–0,004	Lempung	Butiran Kripto

Sumber: Wentworth (1922); Leighton dan Pendexter (1962)

Tabel 2.2 Ukuran Diameter Kristal

Terminologi dan Ukuran Kristal (Folk, 1962)	
Kristal Ekstrem Kasar	>4 milimeter
Kristal Sangat Kasar	1–4 milimeter
Kristal Kasar	1.000–250 mikrometer
Kristal Sedang	62–250 mikrometer
Kristal Halus	16–62 mikrometer
Kristal Sangat Halus	4–16 mikrometer
Afanokristal atau Kriptokristal	1–4 mikrometer
Terminologi dan Ukuran Kristal (Friedman, 1965)	
Ukuran Mikron	0–10 mikrometer
Ukuran Sentimikron	10–100 mikrometer
Ukuran Desimikron	100–1.000 mikrometer
Ukuran Milimeter	1–10 milimeter
Ukuran Sentimeter	10–100 milimeter

Sumber: Folk, 1962; Friedman, 1965

Buku ini tidak diperjualbelikan.

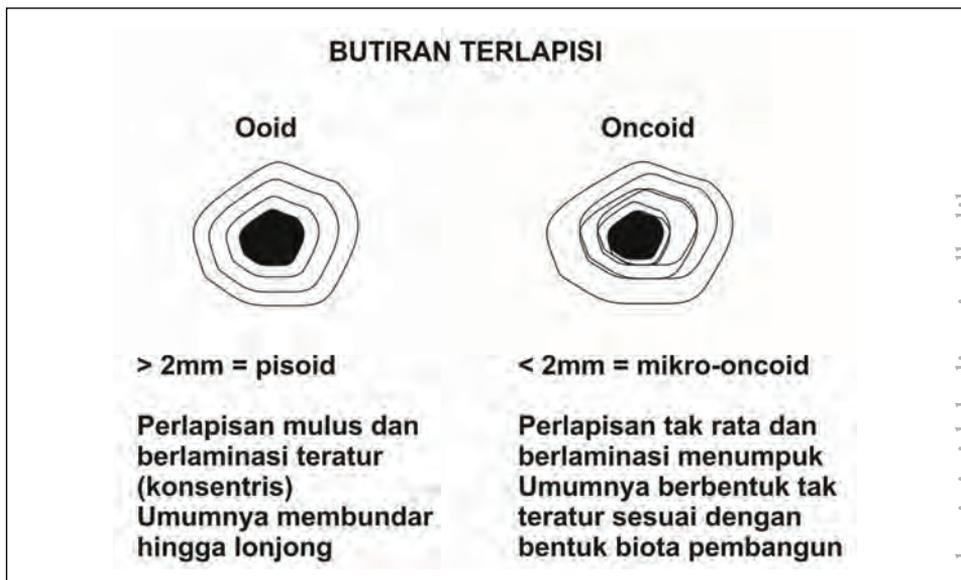
a. Butiran Nonkerangka

Butiran nonkerangka merupakan komponen utama batugamping yang berasal bukan dari sisa kehidupan organisme, baik binatang maupun tumbuh-tumbuhan (Tucker & Wright, 1990). Menurut Folk (1959), butiran nonkerangka terdiri atas butiran terlapisi, peloid, agregat butiran, dan klastika.

1. Butiran Terlapisi

Butiran terlapisi yang sering dijumpai di dalam batugamping adalah ooid dan oncooid (Gambar 2.1). Beberapa bentuk butiran terlapisi yang lebih terperinci (Peryt, 1993 lihat Tucker & Wright, 1990) antara lain: ooid/oolit, pisoid, oncooid, rodolit, stromatolit, dan spastolit. Bentuk butiran terlapisi tidak terlepas dari kecepatan penguapan karbonat dan perubahan agitasi air laut (Gambar 2.2).

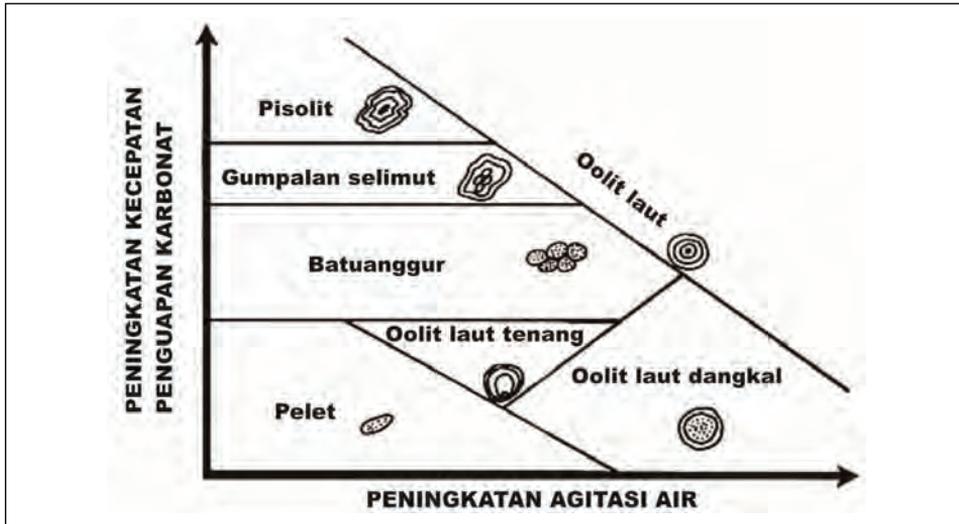
Ooid adalah butiran karbonat yang berukuran 0,25–2,00 mm, berbentuk membulat atau lonjong, mempunyai inti beragam yang dilapisi oleh satu atau beberapa endapan melingkar, dan berstruktur melingkar (*concentric*) atau menyebar (*radial*). Pisoid adalah butiran karbonat yang cenderung membulat, berukuran halus (2–10 mm), dan berstruktur dalam perarian melingkar. Oncooid adalah butiran ganggang (kecuali ganggang merah) yang diselimuti oleh lumpur atau pengerakan oleh bakteri, berukuran lebih dari 2 mm, berstruktur dalam



Sumber: Tucker dan Wright (1990)

Gambar 2.1 Penggolongan Butiran Terlapisi

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Annonime (2016)

Gambar 2.2 Butiran Terlapisi dalam Kaitannya dengan Agitasi Air dan Kecepatan Penguapan

perarian dengan pola melingkar tidak teratur atau *scalloped*. Rodolit adalah bintang batugamping dengan perarian tidak teratur, berkomponen kerak ganggang-koral terpola melingkar, sering kali berbentuk membundar, berukuran hingga mencapai beberapa sentimeter, terbentuk pada laut dangkal yang dingin dan jernih dengan kedalaman 150–200 meter. Stromatolit adalah gabungan beberapa pisoid yang terbentuk oleh ganggang yang terjebak dan terikat. Spastolit adalah oid atau butiran terlapisi lainnya yang terkena deformasi, seperti penggerusan akibat tektonik. Di bawah mikroskop polarisasi, butiran terlapisi yang paling sering hadir adalah oid dan oncoid.

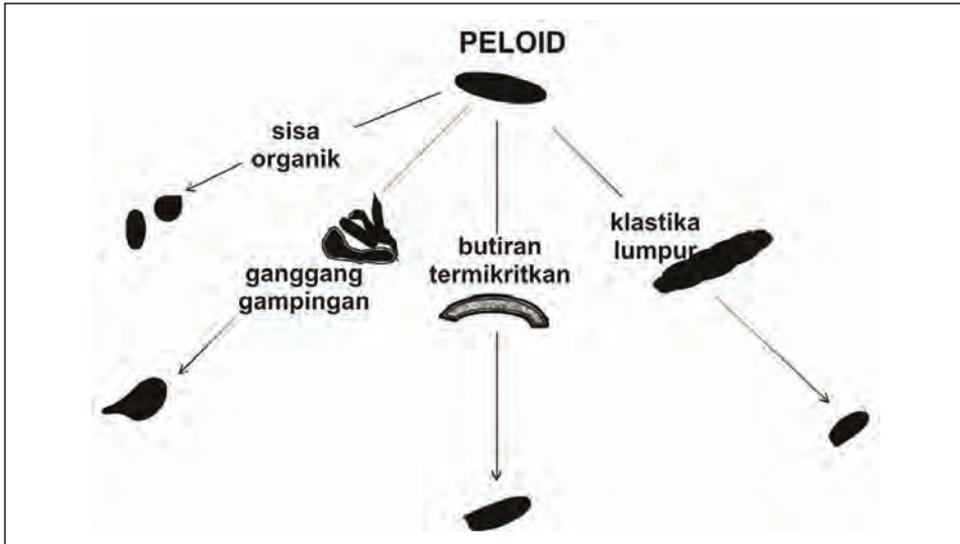
2. Peloid

Peloid adalah butiran karbonat nonkerangka yang tersusun oleh mikrokristalin hingga kriptokristalin dengan tidak melihat ukurannya (McKee & Gutschick, 1969). Dengan demikian, peloid merupakan komponen butiran karbonat yang tersusun oleh lumpur karbonat dan tidak memperlihatkan struktur dalam. Muasal peloid bersumber dari sisa organik, ganggang gampingan, butiran termikritkan, atau dari klastika lumpur (Tucker & Wright, 1990; Gambar 2.3 dan 2.4).

Pelet merupakan salah satu tipe peloid yang halus (berukuran 0,03–0,3 mm), berbentuk bulat atau lonjong, dan tersusun oleh lumpur karbonat. Pada umumnya, pelet tidak mempunyai struktur dalam, di dalam satu sampel sering kali berukuran seragam, dan hadir sebagai buangan organisme invertebrata

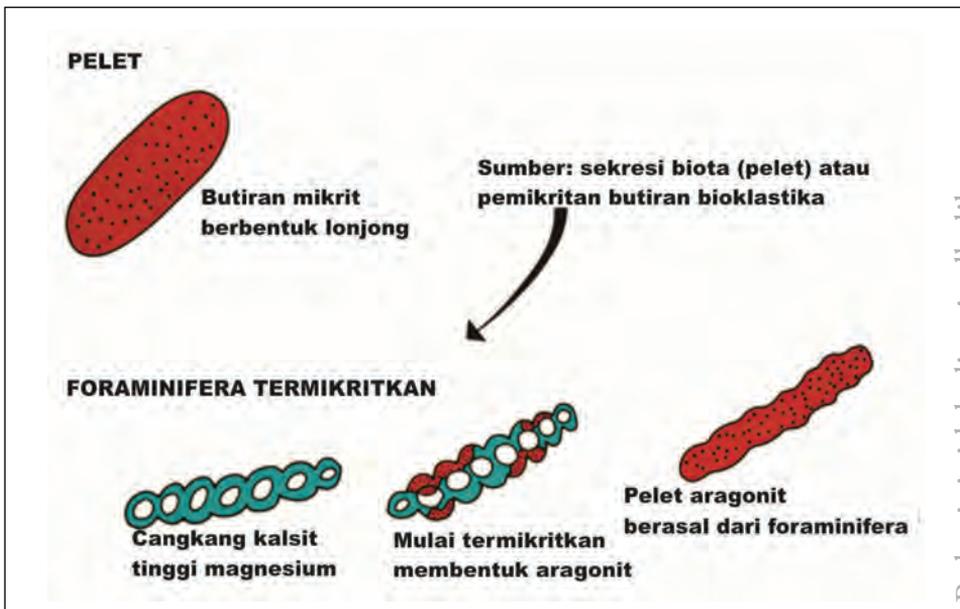
Buku ini tidak diperjualbelikan.

(Folk, 1959). Keberadaan pelet ini pada umumnya terkonsentrasi di lingkungan pengendapan laut dangkal yang terlindungi dengan penyemenan terbatas (Gambar 2.5).



Sumber: Tucker dan Wright (1990)

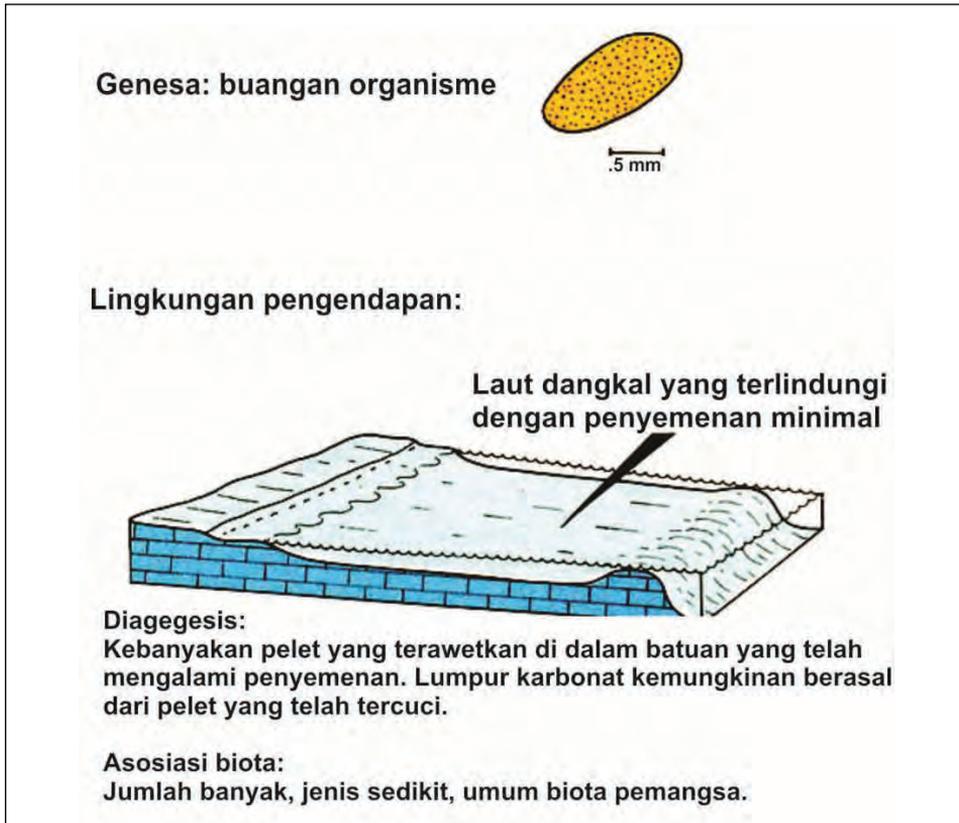
Gambar 2.3 Muasal Peloid



Sumber: Annonime (2016)

Gambar 2.4 Kemungkinan Lain tentang Muasal Peloid

Buku ini tidak diperjualbelikan.

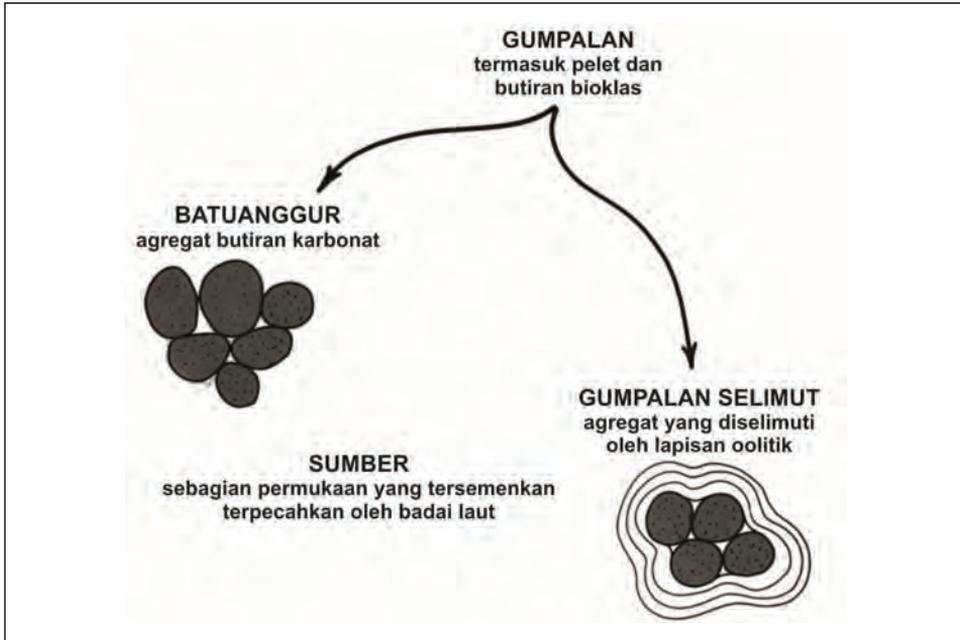


Sumber: Kendall (2005)

Gambar 2.5 Diagenesis dan Asosiasi Biota Lingkungan Pengendapan Pelet

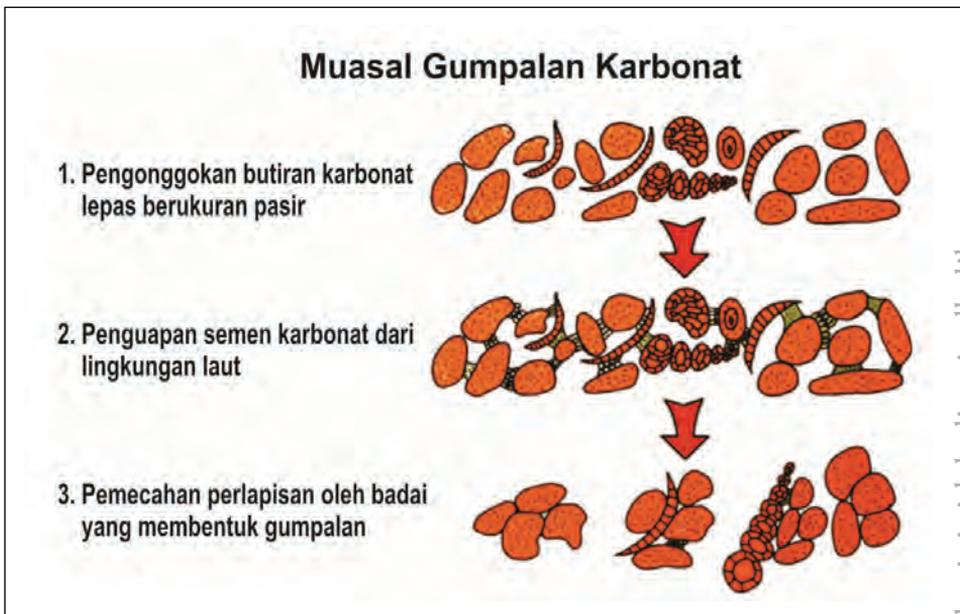
3. Agregat Butiran

Agregat butiran adalah gabungan beberapa butiran karbonat yang tersemenkan bersama-sama, berukuran 0,5–3,0 mm, berbentuk tidak teratur, dan beberapa bagian kadang-kadang termikritkan (Tucker & Wright, 1990; Gambar 2.6). Beberapa peristilahan yang berkaitan dengan agregat butiran antara lain batuanggur (*grapestone*), gumpalan (*lump*), dan gumpalan selimut (*botryoidal lump*). Batuanggur adalah agregat butiran yang terpola melingkar, tersusun oleh sekumpulan ooid termikritkan, dan membentuk menyerupai setangkai buah anggur. Gumpalan adalah agregat butiran yang mempunyai bidang permukaan lebih halus dan pada umumnya berbentuk melengkung. Gumpalan selimut merupakan batuanggur atau gumpalan yang mempunyai komponen oolitik dengan selimut tipis. Muasal gumpalan karbonat pada umumnya melalui proses penyemenan dan penghancuran kembali (Kendall, 2005; Gambar 2.7).



Sumber: Tucker dan Wright (1990)

Gambar 2.6 Bentuk Agregat Butiran Karbonat



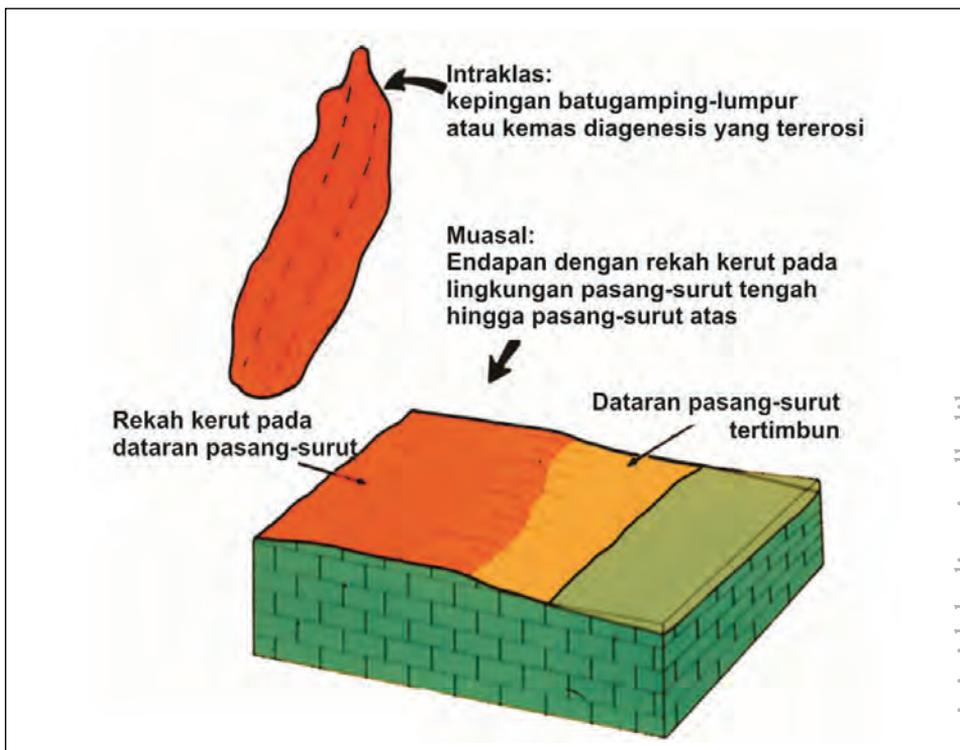
Sumber: Kendall (2005)

Gambar 2.7 Muasal Gumpalan Karbonat

Buku ini tidak diperjualbelikan.

4. Klastika

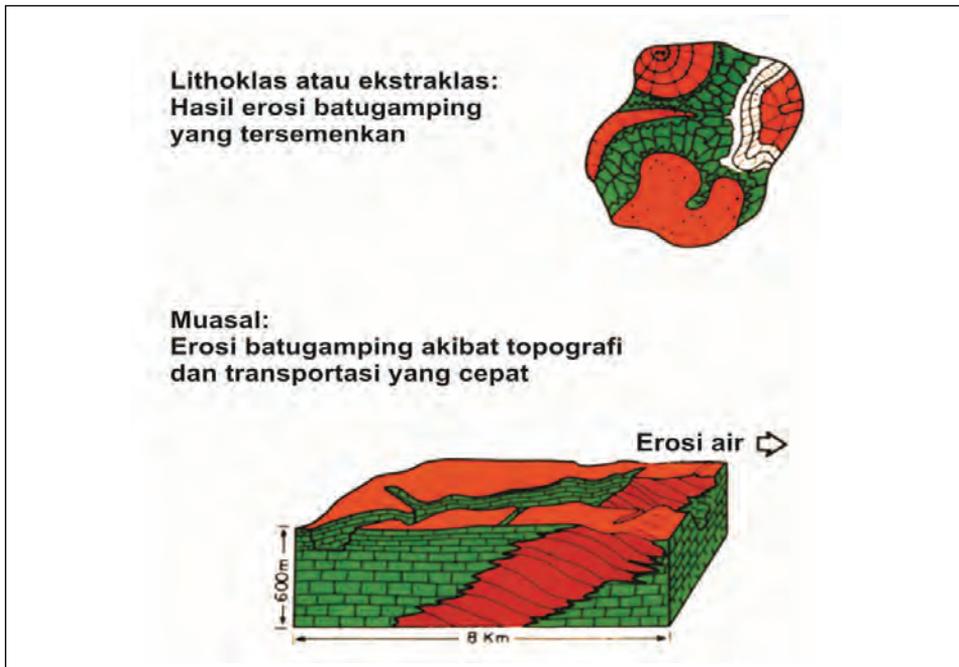
Klastika merupakan salah satu butiran karbonat nonkerangka, berupa kepingan rombakan dari batugamping atau material gampingan, baik yang telah membatu maupun yang belum membatu, dan terendapkan bersama-sama dengan material yang lain. Ada dua jenis utama klastika, yaitu intraklas dan ekstraklas. Intraklas merupakan kepingan rombakan material gampingan yang pada umumnya belum membatu atau termampatkan, berasal dan terakumulasi kembali pada cekungan di mana batugamping tersebut terendapkan (Gambar 2.8). Ekstraklas atau litoklas merupakan butiran karbonat nonkerangka yang mempunyai karakter berbeda dengan batugamping di mana batuan terendapkan. Ekstraklas ini berasal dari suatu formasi batugamping lebih tua, tidak mencerminkan lingkungan pengendapan batuan sekarang, sering kali telah membatu dan termampatkan pada saat pengendapan kembali, dan terakumulasi bersama-sama dengan material yang lain pada saat pengendapan batuan (Kendall, 2005; Gambar 2.9).



Sumber: Annonime (2016)

Gambar 2.8 Muasal Intraklas

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Kendall (2005)

Gambar 2.9 Muasal Lithoklas atau Ekstraklas

b. Butiran Kerangka

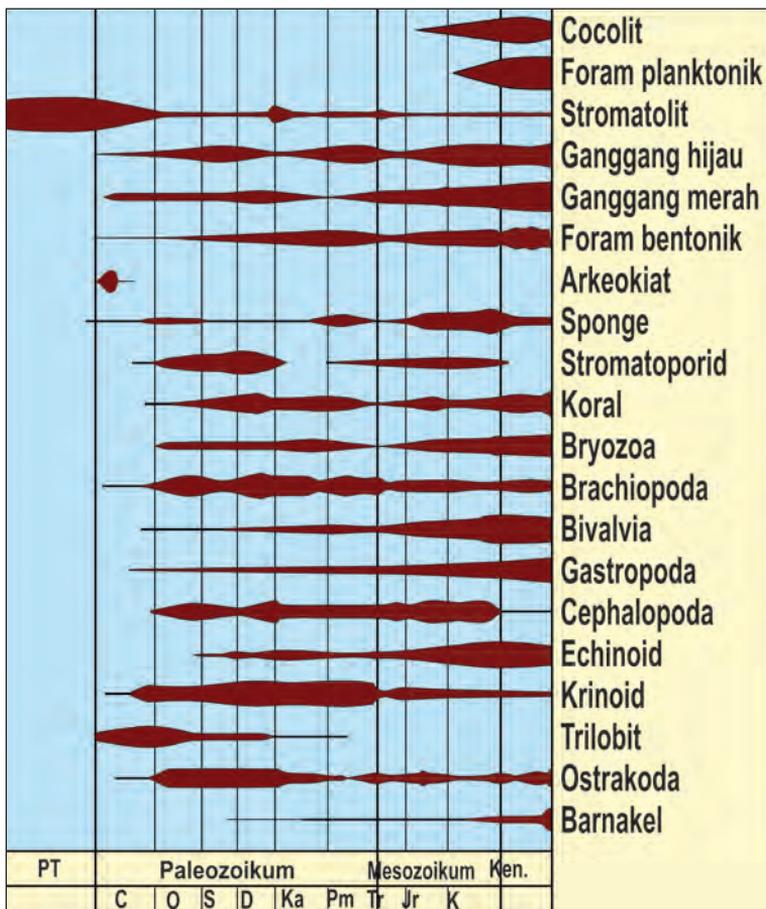
Pada suatu saat tertentu dalam waktu geologi, cukup banyak organisme yang mampu memproduksi kerangka gampingan. Kumpulan kerangka gampingan ini sangat bergantung pada lingkungan pengendapan dan umur batuan. Butiran kerangka dapat dipisahkan berdasarkan bentuk, ukuran, mikrostruktur, dan mineralogi awal. Pada awalnya, beberapa kerangka gampingan tersusun oleh jarum-jarum aragonit. Guna mencapai kestabilan kristal, aragonit ini segera berubah menjadi kalsit, tetapi struktur dalam aragonit masih terawetkan. Beberapa kerangka berkomponen kristal kalsit-Mg dari awalnya yang berstruktur kristal stabil, seperti brachiopoda dan coccolit.

Butiran kerangka dapat dengan mudah diperi di bawah mikroskop polarisasi karena beberapa dindingnya diselimuti oleh mikrit (*micrite envelope*). Butiran kerangka yang telah terendapkan kadang-kadang dirusak oleh organisme renik, seperti ganggang, bakteri, dan jamur, yang membentuk struktur endolitik akibat pemboran organisme (*organism boring*) (Tucker & Wright, 1990).

Butiran kerangka yang umum dijumpai di dalam batugamping meliputi ganggang (ganggang merah, ganggang hijau, coccolit), foraminifera (bentonik dan

planktonik), sponge, coelenterata (stromatoporida, mileporoid, rugosa, tabulata, scleractinia, dan acyoniriana), bryozoa, brachiopoda, moluska (chiton, bivalvia, gastropoda, pteropoda, cephalopoda, dan belemnites), serpulid, arthropoda (dekapoda, ostrakoda, barnakel, dan trilobit), dan echinodermata (Scholle & Ulmer-Scholle, 2003).

Jenis dan kelimpahan butiran kerangka pada batugamping sangat bergantung pada umur pengendapan batuan (Scholle & Ulmer-Scholle, 2003) dari Paleozoikum hingga Kenozoikum (Gambar 2.10). Cukup banyak ahli yang membahas tentang butiran kerangka ini sehingga gambar mikrofoto tiap-tiap butiran kerangka tidak dicantumkan pada tulisan ini.



Sumber: Scholle dan Ulmer-Scholle (2003)

Gambar 2.10 Jenis dan Kelimpahan Butiran Kerangka Berdasarkan Umur Batuan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

2. BUTIRAN NONKARBONAT

Butiran nonkarbonat atau dikenal dengan istilah butiran asal darat (*terrigenous grains*) adalah semua komponen pada batugamping yang tidak karbonatan. Butiran asal darat ini yang terutama adalah kepingan batuan, kuarsa, dan feldspar. Pada umumnya, butiran yang lain berjumlah terbatas, seperti mineral mafik, mika, mineral bijih, karbon, debu gelas, dan mineral lempung. Jika sekiranya jumlah butiran asal darat ini cukup nyata, itu dapat memengaruhi penamaan batugamping (Pettijohn, 1975), seperti *wackestone* tufan dan *grainstone* pasiran. Tentu saja, keberadaan butiran asal darat ini merupakan unsur penting untuk interpretasi lingkungan pengendapan. Selain butiran asal darat, masih dikenal beberapa butiran nonkarbonat yang berasal dari lingkungan laut, seperti glaukonit, fosfat, dan mineral besian (Scholle & Ulmer-Scholle, 2003). Beberapa butiran nonkarbonat mungkin terbentuk segera setelah pengendapan batuan (sin-sedimenter) akibat diagenesis awal.

B. MATRIKS

Matriks batugamping adalah material padat yang berukuran sangat halus, tersebar di dalam dan di antara butiran karbonat, dan terendapkan bersama-sama dengan butiran karbonat tersebut. Matriks pada batugamping yang sering hadir terdiri atas lumpur karbonat, mineral lempung, dan debu gelas.

1. LUMPUR KARBONAT

Lumpur karbonat adalah kristal kalsit yang berukuran sangat halus, $<4\mu\text{m}$, yang dikenal sebagai mikrit. Ahli sedimentologi menggunakan istilah matriks untuk menggambarkan ukuran $<62\mu\text{m}$ (Tucker & Wright, 1990). Keberadaan matriks mencerminkan pemilahan batuan buruk. Pembentukan lumpur karbonat diduga berasal dari 1) pengendapan butiran karbonat berukuran sangat halus yang mengisi rongga di dalam dan di antara partikel, dan tidak atau sangat jarang memperlihatkan tanda-tanda pengangkutan (Folk, 1959), 2) mineral kalsit hasil penggantian aragonit secara kimia atau biokimia, dan 3) hasil abrasi batugamping, seperti terumbu koral dan ganggang dalam bentuk lumpur gamping (Kendall, 2005; Gambar 2.11). Perkiraan terbaru menyebutkan bahwa lumpur karbonat berasal dari penghancuran organisme yang disebabkan oleh abrasi dan dekomposisi butiran karbonat yang lebih kasar, seperti cangkang atau kerangka organisme (Scholle & Ulmer-Scholle, 2003).

2. MINERAL LEMPUNG

Selain lumpur karbonat, matriks pada batugamping yang sering dijumpai adalah mineral lempung. Mineral lempung pada umumnya bercampur tidak terpisahkan dengan matriks lumpur karbonat. Sumber bahan mineral lempung berasal dari formasi batuan silisiklastika atau batuan nonkarbonat yang lain, terendapkan bersama-sama dengan matriks lumpur karbonat. Kenampakan matriks mineral lempung sering kali rancu dengan mineral lempung authigenik hasil proses diagenesis batuan atau pengisi rongga sekunder.



Sumber: Kendall (2005)

Gambar 2.11 Lingkungan Pengendapan dan Muasal Lumpur Karbonat

Buku ini tidak diperjualbelikan.

3. DEBU GELAS

Dalam beberapa kasus, debu gelas dapat berfungsi sebagai matriks di dalam batugamping. Matriks debu gelas pada batugamping ini umumnya bercampur dengan matriks lumpur karbonat dan mineral lempung. Keberadaan matriks debu gelas pada batugamping sering kali terjadi akibat kegiatan letusan gunungapi (eksplosif) yang mengendapkan secara langsung debu gelas dengan mekanisme jatuhnya piroklastika dan bersamaan dengan pengendapan material gampingan.

C. SEMEN

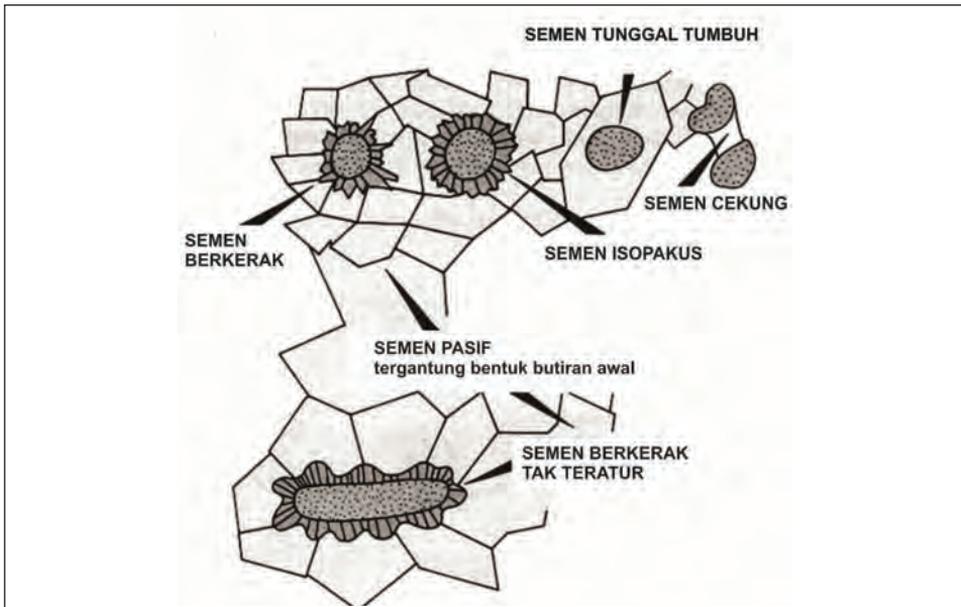
Tidak semua rongga di antara dan di dalam partikel batugamping terisi oleh matriks pada saat batuan tersebut diendapkan. Rongga itu termasuk pula rongga pelarutan, rongga bioturbasi, dan rongga kekar dan retakan pasca pengendapan batuan. Kemudian, sebagian atau seluruh rongga-rongga tersebut terisi oleh material penyemen yang berfungsi sebagai perekat komponen. Secara umum, material penyemen pada batugamping ini terbagi menjadi dua, yaitu semen karbonat dan semen nonkarbonat.

1. SEMEN KARBONAT

Semen karbonat atau spari kalsit digunakan untuk menggambarkan material karbonat yang berupa kristal kalsit yang terbentuk selama proses diagenesis atau pengisian rongga batuan oleh larutan kalsit. Istilah mikrospar digunakan pertama kali untuk menggambarkan partikel batugamping dengan ukuran kristal 5–15 μm (Folk, 1959), hadir sebagai hasil rekristalisasi mikrit.

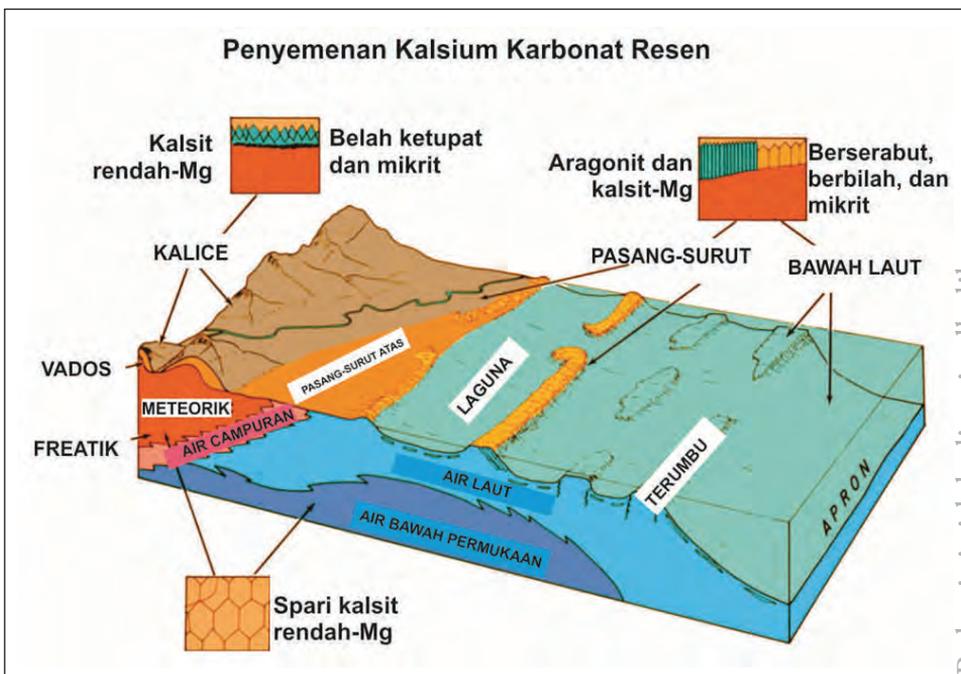
Berdasarkan pola kemas kristal, semen karbonat terbagi menjadi beberapa jenis (Kendall, 2005; Gambar 2.12), antara lain semen berkerak (*crust cement*), semen tumbuh kembang (*syntaxial overgrowth cement*), dan semen blok sejenis (*blocky equant cement*). Semen berkerak terpolo melingkari butiran karbonat secara merata (*isopachus crust cement*) atau secara tidak teratur (*mamillated or botryoidal crust cement*). Semen tumbuh kembang adalah semen hasil neomorfisme butiran karbonat yang pada umumnya berbentuk mengikuti awal butiran, seperti echinodermata dengan kristal tunggal atau moluska dengan kristal jamak. Semen blok sejenis pada umumnya dijumpai sebagai isian akhir rongga di dalam batuan. Struktur semen karbonat sangat bergantung pada lingkungan diagenesis pasca pengendapan batuan (Kendall, 2005; Gambar 2.13).

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Kendall (2005)

Gambar 2.12 Jenis Semen Karbonat Berdasarkan Kemas dan Bentuk Kristal



Sumber: Kendall (2005)

Gambar 2.13 Lingkungan Pembentukan Semen Karbonat

Buku ini tidak diperjualbelikan.

2. SEMEN NONKARBONAT

Tidak terlalu banyak semen nonkarbonat di dalam formasi batugamping. Pada umumnya, semen nonkarbonat hadir sebagai hasil proses diagenesis pasca pengendapan (Scholle & Ulmer-Scholle, 2003). Beberapa semen nonkarbonat yang sering terdapat di dalam batugamping, antara lain silika (kuarsa dan zeolit), oksida besi, mineral sulfida, dan mineral lempung authigenik.

D. MATERIAL LAIN

Meskipun berjumlah jarang, material lain kadang-kadang terdapat di dalam batugamping yang mencerminkan sekali waktu juga mencerminkan rekaman diagenesis batuan. Material lain ini meliputi material hasil proses neomorfisme dan mineral authigenik.

1. MATERIAL NEOMORFISME

Istilah neomorfisme pada dasarnya adalah penggantian dari mineral yang satu menjadi mineral yang sama atau berbeda, tanpa mengubah komposisi kimianya (Adams dkk., 1984). Selama proses diagenesis berlangsung, kristal aragonit dapat digantikan oleh kristal kalsit, tanpa merubah keporian batuan. Begitu pula halnya, sering kali material lumpuran (mikrit) dapat tergantikan oleh kristal kalsit yang berukuran lebih kasar (mikrosporit). Beberapa butiran karbonat, khususnya fosil, sekiranya terekristalisasi, akan terbentuk kristal kalsit (pseudosparit), dengan batas kristal sesuai dengan bentuk awal butiran karbonat tersebut.

2. MINERAL AUTHIGENIK

Mineral authigenik adalah komponen pada batugamping yang terbentuk setelah batuan terendapkan (Flügel, 1982). Beberapa mineral authigenik yang sering hadir pada batugamping (Topkaya, 1950), antara lain: kuarsa, glaukonit, kolofan, feldspar kalium, plagioklas, tourmalin, muskovit, zirkon, dan pirit. Mineral kuarsa, feldspar kalium dan plagioklas selain sebagai material asal darat, juga kadang-kadang dijumpai sebagai mineral tumbuh pada batugamping, khususnya yang mengandung material asal darat cukup nyata. Glaukonit umumnya hadir sebagai mineral authigenik membundar berukuran kasar. Kolofan hadir sebagai ubahan dari cangkang fosil kaya fosfat. Pirit umumnya hadir berkrystal sangat halus merata dan sering kali teroksidasi menjadi limonit (Pettijohn, 1975).

E. KEPORIAN BATUAN

Keporian batuan adalah perbandingan total antara rongga-rongga di dalam batuan dengan isi total batuan. Pada umumnya, sistem keporian di dalam batugamping

lebih rumit daripada sistem keporian pada batuan silisiklastika (Choquette & Pray, 1970 *vide* Boggs, 1980). Keporian batugamping terdiri atas 2 (dua) jenis, yaitu keporian primer dan keporian sekunder. Keporian primer terbentuk pada saat pengendapan batuan, seperti keporian antar dan dalam partikel, keporian akibat proses pengendapan kompetitif, butiran dan cangkang yang terjebak di dalam lumpur, dan pertumbuhan terumbu. Keporian sekunder terbentuk setelah proses pengendapan sebagai akibat pelarutan, kegiatan organisme, atau pengaruh tektonik. Tipe keporian batuan dibagi menjadi tiga jenis (Choquette & Pray, 1970), yaitu

- 1) Keporian terseleksi kemas, seperti antarpartikel, dalam partikel, antarkristal, cetakan (*mouldic*), fenestral, naungan cangkang (*shelter*), dan pertumbuhan terumbu (*growth framework*).
- 2) Keporian tidak terseleksi kemas, seperti retakan, saluran, gerowong, gua, dan stilolit.
- 3) Keporian yang terseleksi atau tidak terseleksi kemas, seperti breksia, pemboran, galian, dan rekah-kerut.

TEKSTUR DAN STRUKTUR BATUGAMPING

Pemerian petrologi dan petrografi batugamping meliputi aspek granulometri dan morfometri, kemas primer maupun sekunder, dan struktur khusus pada batugamping.

A. GRANULOMETRI DAN MORFOMETRI

Aspek petrologi yang termasuk ke dalam granulometri dan morfometri pada endapan atau batuan meliputi ukuran butiran, bentuk butiran, dan pemilahan butiran. Ketiga aspek petrologi tersebut sangat berguna di dalam interpretasi lingkungan pengendapan batugamping (Tucker & Wright, 1990). Granulometri dan morfometri batugamping dapat disebut sebagai tekstur butiran batugamping dipengaruhi oleh proses pengangkutan (Boggs, 1992).

1. UKURAN BUTIRAN

Ukuran butiran pada batugamping, sama halnya dengan batuan silisiklastika, pada umumnya menggunakan skala ukuran Wentworth (lihat Gambar 2.1). Identifikasi ukuran butiran pada sedimen gamping lepas dapat dilakukan dengan peralatan saringan, sedangkan ukuran butiran pada batugamping padat dapat dilakukan dengan metode petrografi. Metode terakhir ini kadang-kadang diikuti dengan kesalahan penghitungan dan memerlukan koreksi (Blatt dkk., 1980; Flugel, 1982; Gutteridge, 1985; Tucker, 1988; Tucker & Wright, 1990). Beberapa metode penentuan ukuran butiran sedimen telah diungkapkan oleh Boggs (1992; Tabel 3.1), baik terhadap endapan lepas maupun batuan sedimen padat.

Secara sedimentologi dikatakan bahwa ukuran butiran pada batuan mencerminkan tingkat kekuatan energi pada saat batuan terendapkan (Flugel, 1982). Uji statistika ukuran butiran dengan metode grafik, hingga penentuan nilai pemilahan butiran dan kecondongan butiran secara matematis, juga digunakan di dalam pengujian batugamping (Boggs, 1992).

Tabel 3.1 Metode Pengukuran Butiran Sedimen

Jenis Sampel	Ukuran Butiran	Metode Analisis
Sedimen lepas dan batuan sedimen yang mudah lepas	Bongkah Berangkal Kerakal	Pengukuran langsung pada masing-masing butiran
	Kerikil Pasir Lanau Lempung	Saringan, pemisahan dengan tabung, analisis mikrofoto Analisis pipet, fotohidrometer, sedigraf, laser-difraktometer, elektro-sesistan (<i>coulter counter</i>).
Batuan sedimen padat	Bongkah Berangkal Kerakal	Pengukuran langsung pada tiap-tiap butiran
	Kerikil Pasir Lanau Lempung	Sayatan pipih, analisis mikrofoto Mikroskop elektron

Sumber: Boggs (1992)

2. BENTUK BUTIRAN

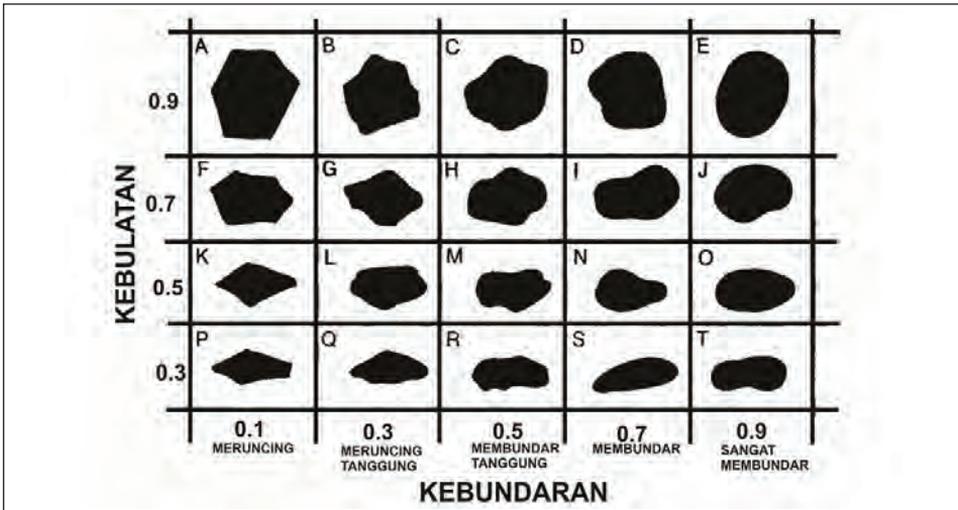
Bentuk butiran batugamping dapat diidentifikasi dengan cepat pada saat dilakukan pengujian petrografi. Bentuk butiran dapat diperi dengan bantuan tabel bentuk butiran (Krumbein & Sloss, 1963; Gambar 3.1). Bentuk dan kebundaran butiran mencerminkan tingkat transportasi dan abrasi yang telah memengaruhi butiran. Pemerian bentuk dan kebundaran butiran pada batugamping harus dilakukan dengan hati-hati karena hal tersebut tidak selalu mencerminkan tingkat transportasi dan abrasi. Sebagai contoh: oolit memang berbentuk membulat melingkar, pelet berbentuk lonjong dari awalnya, dan beberapa fosil, seperti foraminifera, berbentuk membulat dari awalnya. Folk (1962) mengatakan bahwa rata-rata kebundaran pada batugamping klastika (kalkarenit) bergantung pada: kebundaran awal (seperti fosil foraminifera), mikrostruktur, butiran kasar lebih cepat membulat, kecepatan pertumbuhan organik, kekuatan arus, dan lamanya keadaan arus tinggi.

3. PEMILAHAN BUTIRAN

Pemilahan butiran batugamping dapat diidentifikasi dengan cepat pada saat dilakukan pengujian petrografi. Tingkat pemilahan butiran dapat diperi dengan bantuan tabel pemilahan butiran (Kendall, 2005; Gambar 3.2). Pemilahan butiran bergantung pada ukuran butiran awal material yang terendapkan secara bersama-

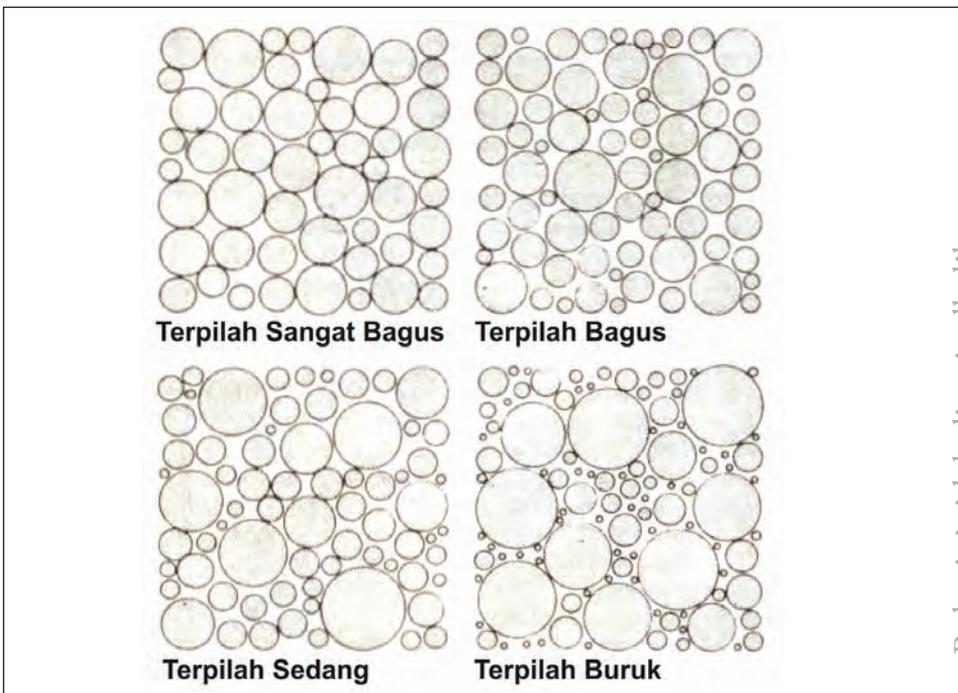
Buku ini tidak diperjualbelikan.

sama (Flugel, 1982), termasuk keadaan arus apakah tetap atau berulang, dan bergantung pada kecepatan pengendapan.



Sumber: Krumbein & Sloss (1963)

Gambar 3.1 Kenampakan Bentuk Butiran pada Batuan Sedimen



Sumber: Kendall (2005)

Gambar 3.2 Kenampakan Pemilahan Butiran

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Uji statistik tentang pemilahan, distribusi, dan kemencengan butiran harus digunakan secara hati-hati di dalam pemerian batugamping (Boggs, 1992). Pemilahan butiran pada batugamping dapat secara cepat diperi pada sayatan pipih dengan metode petrografi yang menggunakan *chart* pembanding (Tucker & Wright, 1990). Pemilahan butiran sangat bergantung pada cara pengangkutan dan pengendapan material, yang mana pada batugamping hal tersebut merupakan cerminan dari jenis organisme dan hidrodinamika pengendapan. Dengan demikian, pemilahan butiran di dalam batugamping tidak semata-mata hanya dipengaruhi oleh proses pengangkutan dan pengendapan material, tetapi juga terpengaruh oleh kehidupan dan pengendapan biota sesil yang hidup di tempat dan pada waktu itu.

B. KEMAS

Istilah kemas kali pertama dikemukakan oleh Sander (1951 *vide* Flugel, 1982), yaitu hubungan antarpartikel yang meliputi pengepakan dan pengarahannya. Istilah struktur sedimen dan kemas di dalam pemerian petrografi sering kali rancu, yang diartikan sebagai kenampakan khusus hubungan antarpartikel pada batuan sedimen. Seperti halnya batuan silisiklastika, butiran pada batugamping mengalami pengangkutan sebelum terendapkan di lingkungan tertentu. Proses pengangkutan material berjalan dengan beberapa mekanisme, seperti arus pasang-surut, arus panjang-pantai, kegiatan gelombang di gisik, dan arus turbidit. Kebanyakan struktur sedimen pada batugamping sama dengan struktur sedimen pada batuan silisiklastika, termasuk 1) struktur fisik pengendapan, seperti silang-siur, perarian, gelembur-gelombang, dan berlapis susun, 2) struktur deformasi, seperti perarian, konvolut dan lipatan sin-sedimenter, 3) struktur biogenik, seperti totol-totoi dan jejak fosil (Boggs, 1992). Beberapa kenampakan kemas pada batugamping, meskipun tidak seluruhnya, akan dibahas sebagai berikut.

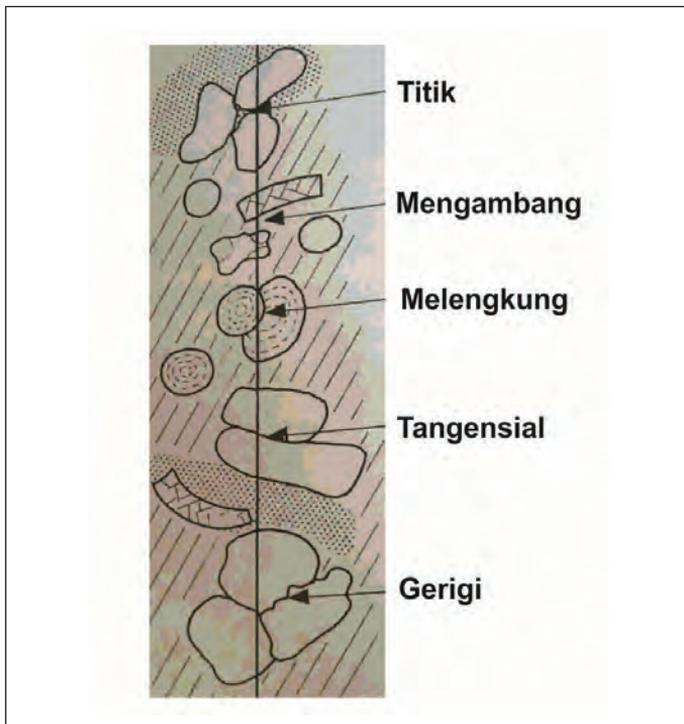
1. PENGARAHAN DAN PENGEPAKAN

Identifikasi pengepakan butiran pada batugamping mirip dengan yang diaplikasikan pada batuan silisiklastika, khususnya batupasir (Pettijohn dkk., 1972), meskipun saat diimplementasikan pada sayatan pipih mempunyai tingkat kesalahan yang nyata (Harrel, 1981). Proses pemampatan juga memengaruhi kenampakan pengepakan butiran. Sebagai contoh, batugamping intraklastika, yang pada umumnya diendapkan di lingkungan pasang-surut, mempunyai intraklas berbentuk lonjong memanjang dan berstruktur imbrikasi pada saluran

pasang-surut (Tucker & Wright, 1990). Di lain pihak, pengarahannya sangat dipengaruhi oleh cara pengangkutan material dan proses pemampatan.

Arus pengangkutan partikel gamping yang membentuk pengarahannya merupakan hal yang cukup menarik, khususnya untuk studi arus purba (Stauffer, 1962). Pola pengarahannya dapat diikuti pada cakupan wilayah yang luas dan sangat membantu dalam interpretasi mikrofases. Bioklas dan intraklas merupakan komponen batugamping yang sering kali mengalami pengarahannya (Potter & Pettijohn, 1963). Sebagai contoh, pola pengarahannya memanjang intraklastika peritidal merupakan pola aliran memanjang pada garis pantai (Lindholm, 1980).

Istilah pengepakan butiran adalah pola ruangan atau densitas dari partikel penyusun batugamping. Dalam hal ini, hubungan antarpartikel juga diidentifikasi (Taylor, 1950), meliputi hubungan antarpartikel mengambang (tidak berhubungan), titik, melengkung (termasuk tangensial), dan gerigi (Gambar 3.3). Identifikasi pengepakan batugamping ini menjadi dasar utama di dalam klasifikasi batugamping (Dunham, 1962).



Sumber: Taylor (1950)

Gambar 3.3 Pola Hubungan Antarpartikel pada Batuan Sedimen, termasuk Batugamping

Buku ini tidak diperjualbelikan.

2. LAPISAN BERSUSUN

Batugamping klastika berbutir sedang hingga sangat kasar pada umumnya berstruktur lapisan bersusun, kasar di bagian bawah dan halus di bagian atas. Meskipun sebagian besar struktur lapisan bersusun dijumpai pada seri endapan turbidit, pada batugamping struktur tersebut juga dapat dijumpai pada endapan pasang-surut. Beberapa kenampakan penggalian organisme (Rhoads & Stanley, 1965), lapisan pertumbuhan rumput (Wanless, 1981) atau pengaruh badai juga dijumpai pada batugamping berstruktur lapisan bersusun. Lapisan bersusun terbalik (bagian halus di bawah) jarang dijumpai pada perlapisan batugamping meskipun pola ini masih mungkin hadir sebagai hasil endapan aliran gayaberat berkonsentrasi tinggi atau endapan aliran runtuh (Flügel, 1982).

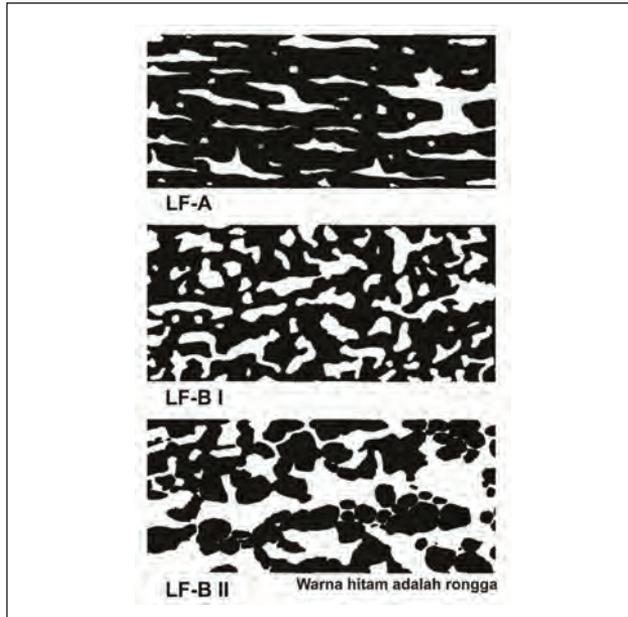
3. PERARIAN

Cukup banyak batuan sedimen, termasuk batugamping, yang memperlihatkan struktur dalam perarian. Istilah perarian adalah bentukan lapisan yang mempunyai ketebalan kurang dari 1 cm. Kenampakan perarian ini dapat diidentifikasi berdasarkan perbedaan ukuran, kandungan material lempung dan organik, komposisi mineral, dan kandungan mikrofosil (Boggs, 1992). Struktur perarian pada umumnya terbentuk sebagai hasil endapan suspensi sedimen berbutir halus, di beragam lingkungan pengendapan (seperti danau, dataran pasang-surut, dangkalan bawah pasang-surut, dan laut dalam).

Jenis-jenis pola perarian yang sering dijumpai, antara lain: 1) laminit apabila perarian seragam dan dipisahkan oleh perarian yang lebih tipis; dan 2) ritminit apabila pola perarian dapat dipisahkan antarsesamanya dan umumnya tidak seragam. Pola laminasi ini sering berkaitan dengan ganggang tak-berangka sehingga membentuk struktur khusus yang dinamakan kriptagal (Aitken, 1967).

4. FENESTRAL

Istilah fenestral kali pertama dikemukakan oleh Tebbutt dkk. (1965) untuk menyebutkan adanya ruang-antara (rongga) di dalam batuan yang berukuran lebih besar daripada butiran. Pada umumnya, atau sebagian, rongga tersebut masih kosong telah terisi oleh material sekunder. Pengarahan rongga fenestral biasanya sejajar dengan bidang perlapisan atau bidang struktur sedimen yang lain, seperti silang-siur. Istilah fenestral-laminoid dipakai untuk menunjukkan pola kemas tersebut yang terbagi menjadi dua jenis, yaitu 1) fenestral-laminoid A apabila rongganya terpolanya dan 2) fenestral-laminoid B apabila tidak terpolanya, baik pada butiran halus (mikrit) maupun butiran kasar (Gambar 3.4). Jenis-jenis pola



Sumber: Tebbutt dkk. (1965)

Gambar 3.4 Jenis Kemas Fenestral-laminoid pada Batugamping

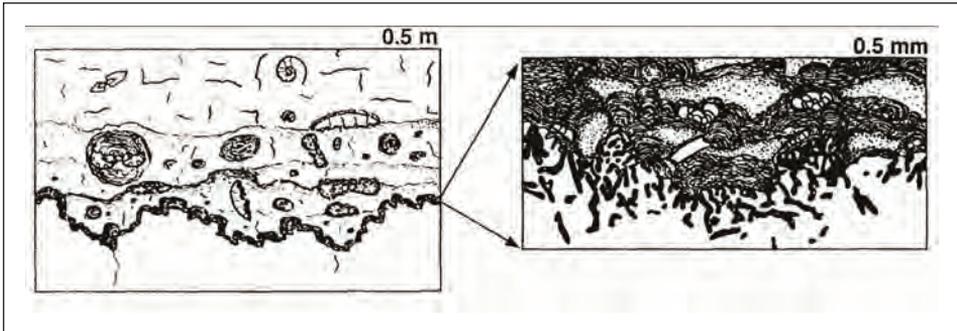
fenestral, khususnya rongga bukaan yang telah terisi oleh material sekunder, yaitu stromataktik dan mata-burung yang akan dibahas pada sub-bab struktur khusus.

5. BIOTURBASI

Bioturbasi adalah kenampakan struktur sekunder pada batugamping sebagai akibat kegiatan organisme. Bioturbasi terdiri atas pemboran organisme (*boring*) dan galian organisme (*burrowing*). Pemboran organisme adalah rongga sekunder yang terbentuk pada komponen batuan padat, seperti cangkang dan komponen yang lain akibat dibor oleh jasad renik setelah batuan diendapkan. Kenampakan pemboran organisme ini mudah dibedakan dengan galian organisme. Galian organisme merupakan kenampakan rusaknya suatu endapan belum sempat akibat kegiatan organisme, seperti cacing dan kepiting, yang hidup pada endapan tersebut. Jejak galian organisme pada umumnya terisi kembali oleh material yang sama dengan material tergalinya tersebut.

6. TAK MENERUS

Sering kali bidang permukaan dapat diamati di sayatan pipih, yang merupakan cerminan hilangnya fase pengendapan pada saat batuan tersebut terendapkan (Flugel, 1982). Kenampakan seperti ini disebut sebagai kemas tak menerus yang



Sumber: Flugel (2004)

Gambar 3.5 Kenampakan Kemas Tak Menerus pada Batugamping

merupakan bidang erosi atau korosi (Gambar 3.5). Umumnya, pola tak menerus berhubungan dengan 1) *subsolusi*, merupakan hasil pelarutan dasar laut, selain hasil interaksi nonmekanik (Schlager, 1974), seperti penyemenan yang berbeda, korosi oleh organisme, dan penampian endapan lepas; 2) *omisi*, merupakan pemecahan sedimen tanpa pengendapan, atau sering disebut sebagai dasar-keras karena pada saat fase tanpa pengendapan tersebut terjadi peningkatan proses pambatuan di dasar laut; 3) *derepsi*, merupakan tidak adanya fase pengendapan di kedalaman laut sebagai akibat berlangsungnya arus bawah; dan 4) *kondensasi*, merupakan pengendapan yang terhambat, seperti adanya karbonat dengan beberapa zona umur yang berbeda.

Ciri-ciri adanya kemas tak selaras pada sayatan pipih (Flugel, 1982), antara lain: 1) warna mikrit berbeda yang sejajar dengan bidang perlapisan; 2) pengerakan oleh Fe-Mn; 3) pola bergerigi yang sejajar dengan bidang perlapisan; 4) bioklastika yang terpotong; 5) rongga terpotong; 6) pengonggokan glaukonit di bawah bidang tak selaras; 7) struktur pemboran khususnya pada ganggang; 8) butiran berukuran berangkal yang tipis; 9) kepingan yang sebagian larut; 10) struktur stromatolitik dengan kerak limonit; 11) campuran fauna yang berbeda umur dan lingkungan pengendapan.

7. PENGISIAN CELAH

Istilah celah yang dimaksudkan di sini adalah rongga yang terbentuk pasca pengendapan akibat gaya tarik pada saat pembentukan horst dan graben. Celah tersebut segera diisi oleh material samping yang berbeda-beda jenis dan lingkungan pengendapannya. Kenampakan kemas pengisian celah dicirikan oleh hadirnya biomikrit dan mikrit berwarna kemerahan dengan beberapa fosil serta beberapa kepingan lithoklas dari batuan di sampingnya.

C. STRUKTUR KHUSUS

Istilah struktur sedimen dan kemas di dalam pemerian petrografi sering kali rancu, yang diartikan sebagai kenampakan khusus hubungan antarpartikel pada batuan sedimen. Seperti halnya batuan silisiklastika, butiran pada batugamping mengalami pengangkutan sebelum terendapkan di lingkungan tertentu. Proses pengangkutan material berjalan dengan beberapa mekanisme, seperti arus pasang-surut, arus panjang-pantai, kegiatan gelombang di gisik, dan arus turbidit. Kebanyakan struktur sedimen pada batugamping sama dengan struktur sedimen pada batuan silisiklastika, termasuk 1) struktur fisik pengendapan, seperti silang-siur, perarian, gelembur-gelembung, dan berlapis susun, 2) struktur deformasi, seperti perarian konvolut dan lipatan sin-sedimenter, 3) struktur biogenik, seperti totol-totol dan jejak fosil (Boggs, 1992).

Dengan demikian, beberapa kenampakan struktur sedimen khusus pada batugamping, baik struktur primer yang terbentuk selama pengendapan maupun struktur sekunder yang terbentuk setelah pengendapan batuan, akan dibahas seperti di bawah ini.

1. KRIPTALGAL

Struktur kriptalgol merupakan kemas di dalam batugamping yang berasal dari kegiatan pengikatan sedimen dan/atau penguapan-mineral yang dipengaruhi oleh ganggang biru-hijau dan bakteri (Monty, 1976). Struktur kriptalgol yang dijumpai pada batugamping membentuk perarian dan tidak berlapis. Kriptalgol dengan struktur perarian terbagi menjadi beberapa, yaitu laminasi, laminoid fenestral, laminoid *boundstone*, dan laminoid melensa. Kriptalgol tidak berlapis terbagi menjadi tiga jenis, yaitu trombolitik, pejal, dan radial. Struktur kriptalgol dengan pola perarian paling banyak ditemukan dan lebih dikenal dengan istilah stromatolit, yang mempunyai pola setengah lingkaran (berbentuk menyerupai kubah, tongkat, atau tiang) dengan pola perarian tidak-sejajar.

2. STROMATAKTIK

Cukup banyak di dalam batugamping berukuran butir halus yang mengandung rongga-rongga terpola hingga tidak teratur, yang terjebak pada saat pengendapan batuan. Rongga-rongga ini selanjutnya terisi oleh lumpur karbonat hingga peloid dan struktur yang terbentuk disebut sebagai stromataktik (Dupont, 1982).

Struktur stromataktik sering kali hadir di lingkungan pengendapan pasang-surut tengah dan pasang-surut bawah (Flugel, 1982). Pada umumnya, bentuk struktur stromataktik memanjang yang datar di bagian bawah dan tidak teratur

di bagian atas, berukuran kasar (beberapa mm hingga cm), sering kali terarah memanjang yang sejajar dengan bidang perlapisan batuan. Material pengisi rongga pada umumnya lumpur karbonat di bagian bawah dan sparit di bagian atas rongga.

3. MATA-BURUNG

Agak berbeda dengan struktur stromataktik, istilah mata-burung dikemukakan oleh Ham (1954) untuk mengidentifikasi bentukan rongga-rongga sangat halus yang terisi oleh sparit dengan nama batuan dismikrit (mikrit terganggu; Folk, 1959). Struktur mata-burung sering kali hadir di lingkungan pengendapan pasang-surut tengah dan pasang-surut atas (Flugel, 1982). Bentuk struktur mata-burung pada umumnya membundar hingga lonjong, berukuran halus (sering 1–3 mm), dan kadang-kadang terarah sejajar dengan bidang perlapisan batuan. Material pengisi rongga pada umumnya berupa sparit dua generasi dan bebas lumpur karbonat.

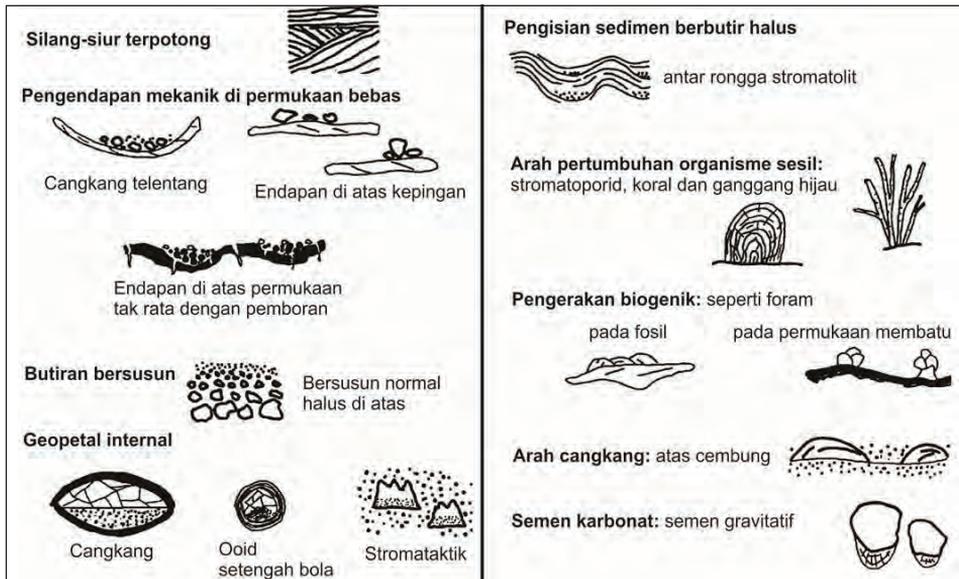
4. GEOPETAL

Kenampakan geopetal merupakan bentukan rongga di bawah cangkang fosil yang terisi oleh lumpur karbonat di bagian bawahnya, selanjutnya sisa rongga di bagian atas terisi oleh semen karbonat (Boggs, 1992). Beberapa kenampakan dan muasal struktur geopetal dibahas oleh Flugel (2004; Gambar 3.6). Adanya struktur geopetal ini dapat mengindikasikan bagian bawah dan atas lapisan saat batuan terendapkan. Dimensi struktur geopetal beragam, mulai dari beberapa meter hingga milimeter yang hanya teramati secara petrografi (Flugel, 2004). Pada umumnya, keberadaan struktur geopetal ini berkaitan dengan lingkungan pengendapan lereng hingga sayap terumbu (Asl & Aleali, 2016) meskipun struktur ini juga dijumpai pada endapan darat (gerowong mikro; Vaziri dkk., 2012)

5. TEPEE

Tepee merupakan kenampakan struktur seperti kerucut atau huruf V terbalik yang sering terbentuk pada alas-keras di dasar laut (Boggs, 1992). Kenampakan lapisannya disusun oleh pengerakan dan pemboran organisme yang diikuti oleh penyemenan. Struktur tepee pada umumnya terbentuk di lingkungan pengendapan laut dangkal hingga pasang-surut (Kendall & Warren, 1987), bahkan dapat terbentuk di lingkungan danau hingga kalice (James & Jones, 2016), termasuk pada endapan kipas aluvial (Aziz dkk., 2003).

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Flugel (2004)

Gambar 3.6 Kenampakan Struktur Geopetal yang Sering Hadir pada Petrografi Batugamping

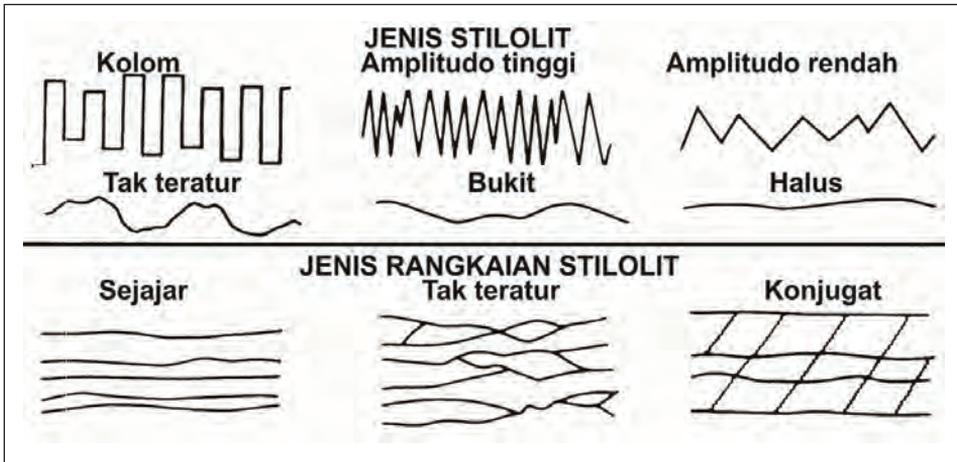
6. BINTAL

Kenampakan bintal merupakan bentukan material lain yang terjebak di dalam matriks lumpur karbonat. Ukuran bintal beragam dengan bentuk membulat hingga lonjong tidak teratur. Batugamping berstruktur bintal pada umumnya terendapkan di lingkungan laut dalam (Boggs, 1992) meskipun dijumpai juga pada batugamping yang terendapkan di lingkungan laut dangkal (Noble & Howells, 1974), dari pasang-surut bawah (Abed & Schneider, 1982) hingga pematang endapan pelagis laut dangkal (Wendt dkk., 1984). Muasal pembentukan bintal pada batugamping diperkirakan diawali oleh penyemenan bawah-laut, yang diikuti oleh proses pemampatan, pemampatan-tekanan, dan nendatan. Studi bintal terkini di Bahama (Mullins dkk., 1980) memperlihatkan bahwa pembentukan bintal pada batugamping dipengaruhi oleh arus bawah-laut, faktor kimia, dan biologi (galian organisme).

7. STILOLIT

Istilah stilolit pada batugamping adalah menyerupai lapisan pada batugamping, dicirikan oleh pola tak teratur (bergerigi) yang membatasi dua bidang tersebut (Boggs, 1982; Flugel, 2004; Gambar 3.7). Arah stilolit pada umumnya sejajar dengan bidang perlapisan batuan dan dipercaya sebagai akibat proses pelarutan (Ben-Itzhak dkk., 2014) hingga pelarutan tekanan atau tektonik (Benedicto &

Schults, 2010). Sebagian besar struktur stilolit pada batugamping teramati sebagai akibat konsentrasi material tak-larut, seperti mineral lempung, oksida besi, mineral silikat, dan material organik (Norman, 2015). Dimensi stilolit sangat halus yang hanya dapat diamati secara mikroskopis, hingga sangat kasar yang memotong butiran, matriks, dan penyemen pada batugamping.



Sumber: Flugel (2004)

Gambar 3.7 Kenampakan Jenis dan Rangkaian Jenis Struktur Stilolit

8. BIOHERM

Bioherm adalah struktur khusus pada tubuh batugamping yang mempunyai ukuran besar, menyerupai lensa hingga gundukan, dan dilingkupi oleh batuan (termasuk batugamping) dengan ciri litologi yang berbeda. Beberapa bentukan bioherm mempunyai komposisi koloni organisme yang membentuk bangunan terumbu padat atau merupakan inti pada pembajian formasi batugamping. Kenampakan bioherem yang seperti ini dikenal sebagai *terumbu*. Beberapa ahli geologi memberi istilah *bangunan karbonat* untuk mencirikan bioherm yang tidak mempunyai bangunan terumbu padat dan hanya membentuk bantaran, gundukan, hingga gundukan lumpur.

Pola dan bentuk bioherm cukup beragam dan pola yang lebih terperinci telah diulas oleh beberapa penulis terdahulu (Scholle dkk., 2007; Riding, 2002; James & Debrenne, 1980). Keberadaan bioherm pada suatu formasi batugamping dapat diidentifikasi langsung di lapangan (Boggs, 1992; Ahr, 2008), atau secara tidak langsung dengan metode geofisika, seperti seismik dan *ground penetrating radar* (Jorry & Bievre, 2011).

Bentukan bioherm ini hanya dijumpai pada batugamping dengan kandungan sisa-sisa fosil/biota yang berbeda-beda sesuai dengan waktu pengendapan. Bioherm tertua dijumpai pada umur Kambrium dengan kandungan fosil arkeosiatid. Mayoritas bioherm semakin berkembang, umumnya menyerupai gundukan yang dibangun oleh organisme stromatoporida, ganggang, bryozoa, dan koral (James, 1983). Sebagian besar inti bangunan terumbu modern disusun oleh koral.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

KLASIFIKASI BATUGAMPING

A. PRINSIP KLASIFIKASI

Secara umum, batugamping dapat diklasifikasikan berdasarkan 1) komposisi kimia dan mineralogi; 2) kenampakan kemas, termasuk partikel, matriks dan semen; serta 3) parameter fisik khusus, seperti keporian batuan (Flugel, 1982). Pada umumnya, klasifikasi batugamping saat sekarang didasarkan kenampakan contoh setangan dan mikroskopis yang mencakup kemas batuan. Dengan demikian, klasifikasi batugamping didasarkan dua hal, yaitu deskriptif dan genetik. Klasifikasi deskriptif membagi batugamping berdasarkan ciri-ciri fisik batuan, seperti warna, tipe dan ukuran butiran, serta tekstur atau kemas batuan (Tucker & Wright, 1990). Klasifikasi genetik lebih mendasarkan ciri-ciri fisik yang berkaitan dengan sejarah pembentukan batuan, yang membutuhkan interpretasi lebih lanjut sebelum melakukan penamaan batuan. Kedua klasifikasi batugamping tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Namun, klasifikasi genetik tampaknya lebih tepat untuk digunakan di dalam interpretasi mikrofases batugamping. Klasifikasi yang lain adalah memasukkan pengaruh proses diagenesis yang terekam di dalam batugamping.

B. KLASIFIKASI BATUAN

Beberapa klasifikasi batugamping menurut peneliti terdahulu akan dibahas pada subbab di bawah ini.

1. KLASIFIKASI GRABAU

Grabau (1904) membagi batugamping menjadi dua golongan utama, yaitu batugamping atokton yang merupakan hasil kegiatan biogenik seperti terumbu, kalice, dan penguapan; serta batugamping alokton yang merupakan batugamping klastika. Yang menjadi masalah, di dalam batugamping masih diperlukan pembagian lebih lanjut untuk mempertajam interpretasi petrogenesis batuan.

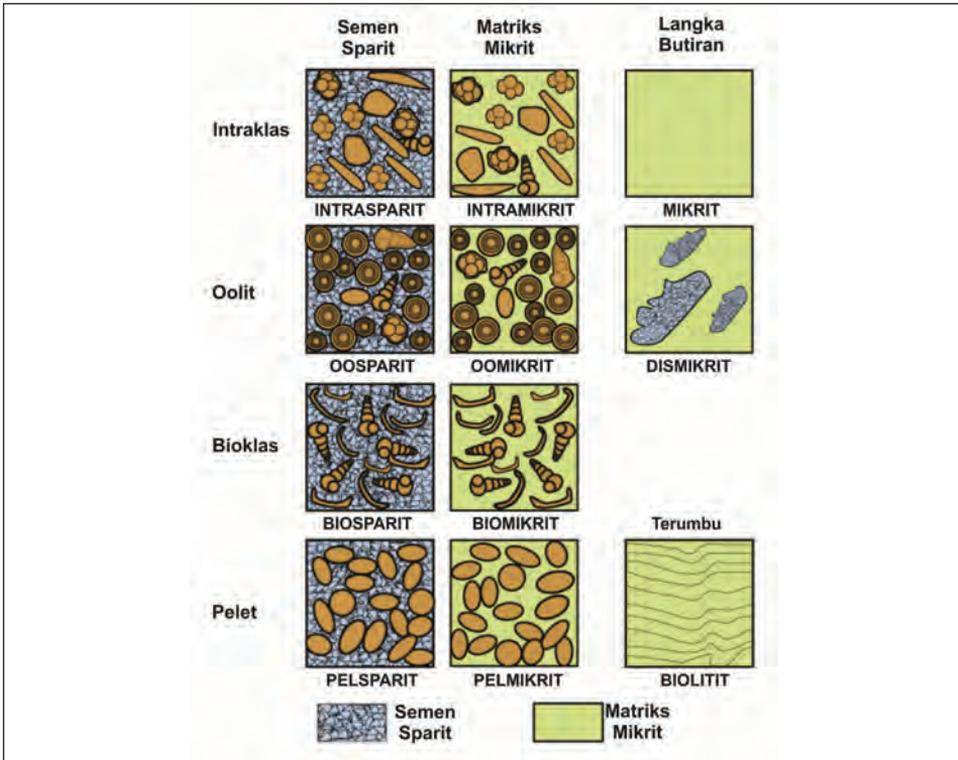
Selanjutnya, batugamping alokton dibagi lagi berdasarkan 1) ukuran butiran menjadi lutit apabila butiran berukuran lebih halus daripada lumpur, arenit apabila butiran berukuran pasir, dan rudit apabila butiran berukuran lebih kasar daripada kerikil; 2) dipisahkan berdasarkan kandungan mineral tertentu, seperti kuarsa dan gamping; dan 3) menambahkan akhiran tertentu apabila kandungan komponen atau kenampakannya cukup nyata, seperti kalkarenit krinoid, kalkarenit silang-siur dan kalkarenit oolitik.

Beberapa hal khusus pada klasifikasi Grabau (1904) antara lain: biolilit apabila batugamping berkaitan dengan pengikatan, klasifikasi cukup berguna untuk penamaan umum di lapangan, istilah lutit berkaitan dengan energi rendah dan keadaan air tenang, istilah arenit berkaitan dengan agitasi air, abrasi butiran, dan penampian lumpur.

2. KLASIFIKASI FOLK

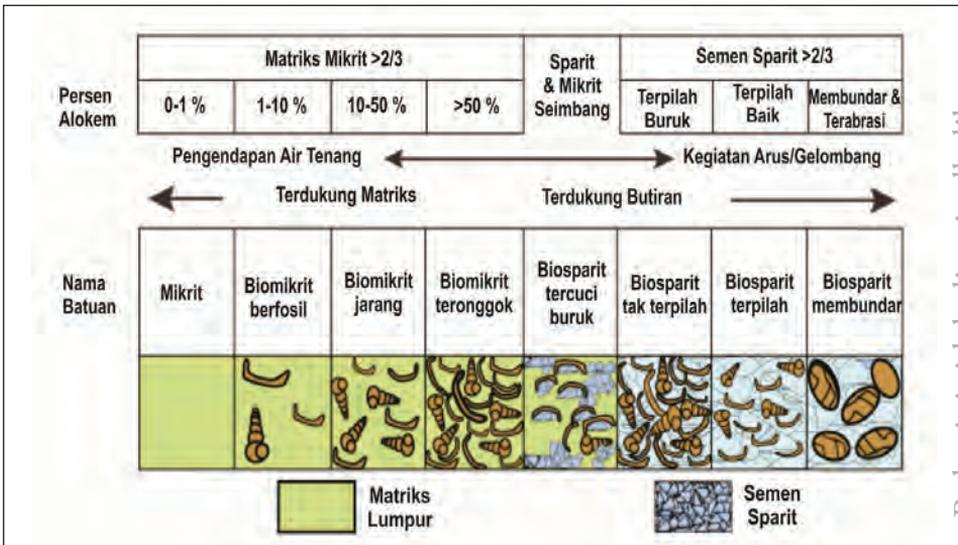
Menurut Folk (1959), batugamping terdiri atas tiga komponen utama, yaitu alokem atau butiran, mikrit atau matriks, dan sparit atau semen. Alokem terbagi menjadi peloid, ooid, bioklas, intraklas. Selanjutnya, batugamping terbagi menjadi lima kelompok utama, yaitu batugamping alokem sparit, batugamping alokem mikrit, batugamping mikrit, batugamping dismikrit, dan biolilit. Dalam kaitannya dengan jenis dan kelimpahan alokem, selanjutnya batugamping terbagi menjadi intrasparit, oosparit, biosparit, pelsparit, intramikrit, oomikrit, biomikrit, dan pelmikrit (Gambar 4.1).

Selanjutnya, Folk (1962) mengembangkan klasifikasi terdahulu tersebut berdasarkan 1) persentase alokem pada batugamping alokem mikrit menjadi tiga, yaitu dengan akhiran *fossiliferous* (fosilifer) apabila kandungan alokem bioklas 1–10%, akhiran *sparse* (jarang) apabila kandungan alokem bioklas 10–50%, dan akhiran *packing* (teronggok) apabila kandungan alokem bioklas >50%; dan 2) pemilahan dan kebundaran, yaitu terpilah dan tak-terpilah yang mengindikasikan penampian, kebundaran yang mengindikasikan agitasi, dan persentase lumpur yang mengindikasikan derajat penampian (Folk, 1962; Gambar 4.2). Jadi, pada dasarnya, klasifikasi ini menamakan batugamping dengan menempatkan kependekan jenis alokem di awal dan kelimpahan sparit atau mikrit di akhir nama batugamping. Sebagai catatan, klasifikasi ini menambahkan istilah rudit apabila ukuran alokem >2 mm, seperti sparudit dan mikrudit.



Sumber: Folk (1959a)

Gambar 4.1 Klasifikasi Batugamping Menurut Folk (1959)



Sumber: Folk (1962)

Gambar 4.2 Klasifikasi Batugamping Menurut Folk (1962)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

3. KLASIFIKASI DUNHAM

Sampai sekarang, klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962) lebih mencerminkan lingkungan pengendapan batugamping dan relatif mudah untuk digunakan di dalam interpretasi. Penggunaan klasifikasi batugamping ini akan menjadi lebih mudah apabila disertai dengan cukupnya pengalaman dan latar belakang interpreter.

Hal utama yang menjadi dasar klasifikasi adalah identifikasi kenampakan tekstur pengendapan batuan apakah masih dapat diamati atau batuan telah sempurna terekristalisasi. Sekiranya batuan telah terekristalisasi dan ciri pengendapan sudah tidak teramati lagi, batuan dinamakan sebagai batugamping kristalin. Hal kedua adalah identifikasi tanda-tanda pengikatan oleh biota, seperti hubungan material kerangka, pergerakan biota, perarian ganggang, dan tanda struktur geopetal yang melimpah. Sekiranya hal tersebut dijumpai, batuan dinamakan sebagai *boundstone*. Hal ketiga adalah identifikasi keberadaan lumpur karbonat. Apabila batugamping bebas lumpur karbonat, batuan disebut sebagai *grainstone*. Hal keempat adalah identifikasi kemas batuan apakah terbuka atau tertutup. Sekiranya kemas batuan tertutup atau jumlah butiran lebih dari 50%, batuan dinamakan *packstone*. Hal kelima adalah persentase jumlah butiran karbonat apabila kemas batuan terbuka. Sekiranya jumlah butiran lebih dari 10%, batuan disebut sebagai *wackestone* dan apabila jumlah butiran kurang dari 10%, batuan disebut sebagai *mudstone* (Gambar 4.3).

Komponen Awal Tak Terikat Pada Saat Pengendapan				Komponen Awal Terikat Pada Saat Pengendapan
Mengandung Lumpur (ukuran partikel lanau dan lempung)		Tanpa Lumpur		
Terdukung Lumpur		Terdukung Butiran		
Butiran < 10 %	Butiran > 10 %			
MUDSTONE 	WACKESTONE 	PACKSTONE 	GRAINSTONE 	

Sumber: Dunham (1962)

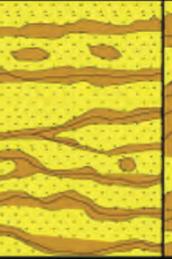
Gambar 4.3 Klasifikasi Batugamping Menurut Dunham (1962)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

4. KLASIFIKASI EMBRY DAN KLOVAN

Pada dasarnya, klasifikasi batugamping menurut Embry dan Klovan (1971) merupakan pengembangan dari klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962) dan lebih membahas batugamping yang berkaitan dengan terumbu organik.

Batugamping *boundstone* (Dunham,1962) dibagi menjadi tiga jenis batugamping, yaitu *framestone* apabila batuan dibangun oleh organisme yang membentuk kerangka keras, *bindstone* apabila batuan terbangun oleh organisme berkerak dan berbuku-buku, dan *bafflestone* apabila organisme bertindak sebagai penjebak lumpur karbonat. Selain ketiga jenis batugamping nonklastika tersebut, masih ditambahkan jenis batugamping klastika kasar (ukuran butiran >2 mm) yang berkaitan dengan pembentukan terumbu, yaitu *rudstone* apabila batuan terdukung butiran dan *floatstone* apabila batuan terdukung lumpur (Gambar 4.4).

Alokton		Autokton		
Butiran asal tak terikat pada saat pengendapan		Butiran asal tumbuh dan terikat pada saat pengendapan		
>10% butiran >2mm				
Terdukung Matriks	Terdukung Butiran >2mm	Terdukung organisme yang menjebak lumpur	Terdukung organisme yang mengerak dan berbuku-buku	Terdukung organisme yang berupa kerangka keras
FLOATSTONE	RUDSTONE	BAFFLESTONE	BINDSTONE	FRAMESTONE
				

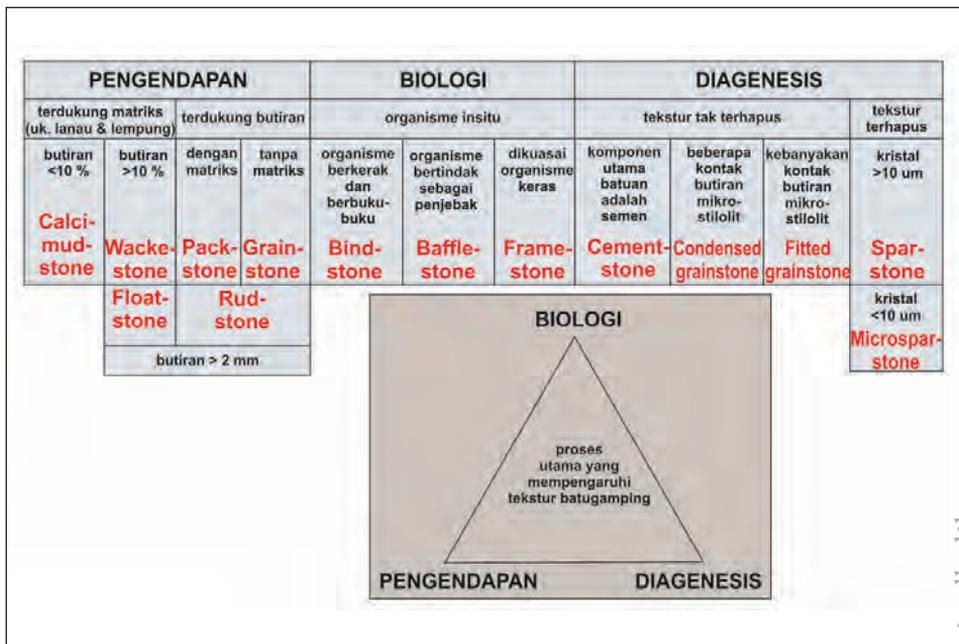
Buku ini tidak diperjualbelikan.

Sumber: Embry dan Klovan (1971)

Gambar 4.4 Klasifikasi Batugamping Menurut Embry dan Klovan (1971)

5. KLASIFIKASI WRIGHT

Wright (1992) melakukan revisi klasifikasi batugamping dari beberapa ahli terdahulu. Pada prinsipnya, klasifikasi ini menggabungkan antara klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962) yang mengedepankan proses pengendapan; klasifikasi batugamping menurut Embry dan Klovan yang menitikberatkan keadaan biologi batuan; serta dilengkapi dengan aspek proses diagenesis batuan, baik bersamaan dengan pengendapan maupun setelah pengendapan batuan (Gambar 4.5). Beberapa peristilahan yang baru, antara lain batusemen, batupadat, batumampat, dan batuspar. Keberadaan klasifikasi ini menyeimbangkan antara pengelompokan berdasarkan tekstur pengendapan dan biologi serta berdasarkan kenampakan proses diagenesis pasca pengendapan.



Sumber: Wright (1992)

Gambar 4.5 Klasifikasi Batugamping Menurut Wright (1992)

C. KLASIFIKASI KEPORIAN BATUAN

Tidak terlalu banyak ahli terdahulu yang membuat klasifikasi keporian pada batugamping. Tercatat hanya Choquette dan Pray (1970) yang klasifikasinya masih digunakan hingga sekarang ini (Gambar 4.6). Pembagian keporian batuan didasarkan ada atau tidak adanya seleksi kemas pada saat keporian batuan tersebut terbentuk. Pada umumnya, tipe keporian yang terseleksi kemas dikontrol oleh

butiran, kristal, dan pola struktur sedimen, dan pada umumnya tidak menerus hingga melewati bidang perlapisan batuan. Tipe keporian yang tidak terseleksi kemas pada umumnya atau berpotensi menembus butiran dan kemas pengendapan batuan, termasuk juga tipe keporian yang berpotensi menjadi semakin besar dan dapat dilihat langsung secara kasatmata. Moore (1997) telah mengulas lebih terperinci mengenai keporian batuan dalam kaitannya dengan muasal keporian tersebut.

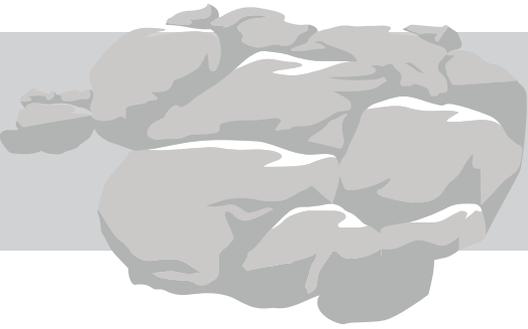


Sumber: Choquette dan Pray (1970)

Gambar 4.6 Klasifikasi Keporian Batuan Menurut Choquette dan Pray (1970)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



LINGKUNGAN PENGENDAPAN BATUGAMPING

A. GAMBARAN UMUM

Dengan mengetahui lingkungan pengendapan batugamping modern, termasuk komposisi batuan dan faktor-faktor pengontrol pengendapannya, akan sangat membantu dalam analisis mikrofases batugamping (Flugel, 2004).

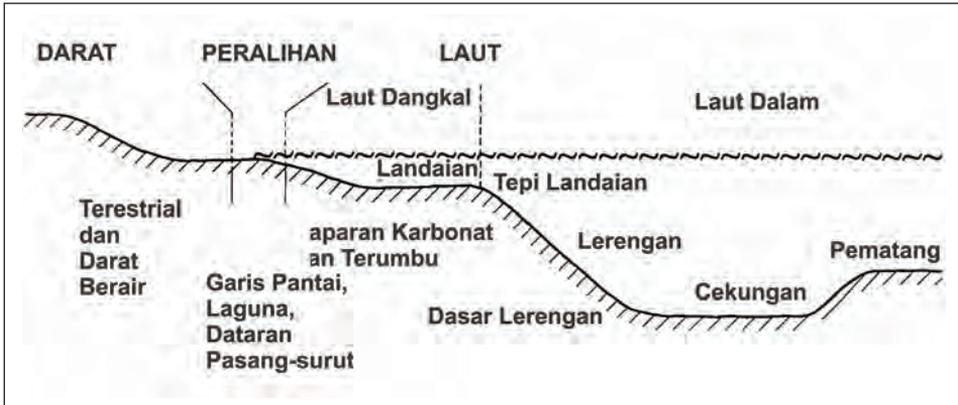
Guna melakukan analisis mikrofases batugamping diperlukan pengetahuan tentang lingkungan pengendapan batugamping, termasuk perubahan biologi dan geologi dalam sejarah geologi dunia (Flugel, 2004). Ada perbedaan yang nyata antara lingkungan pengendapan batugamping dan batuan silisiklastika (James, 1983). Batugamping berasal dari butiran kerangka dan penguapan yang *lahir* di lingkungan pengendapan tertentu, sedangkan batuan silisiklastika berasal dari pemecahan batuan induk dan pengangkutan ke lingkungan pengendapan tertentu. Lebih dari 90% batugamping yang ditemukan di lingkungan laut merupakan endapan biogenik. Sebaran dan jumlah organisme pembangun batugamping sangat bergantung pada lingkungan pengendapannya, seperti sinar matahari, suhu air, dan sumber material (Hegdpth, 1957). Faktor pengontrol tersebut dikenal sebagai lingkungan pengendapan purba yang direfleksikan sebagai ciri-ciri mikrofases dan data paleontologi.

B. KLASIFIKASI LINGKUNGAN PENGENDAPAN

Batugamping dapat terbentuk di darat dan laut. Secara umum, lingkungan pengendapan batugamping dapat dikelompokkan menjadi tiga lingkungan pengendapan utama, yaitu darat, peralihan, dan laut (Gambar 5.1). Pada saat ini, hanya 10% batugamping terbentuk di lingkungan laut dangkal, sedangkan 90% batugamping terbentuk di laut dalam. Klasifikasi lingkungan pengendapan secara umum terbagi menjadi dua, yaitu bentonik untuk dasar laut dan pelagis untuk endapan dengan pengaruh masa air. Beberapa kategori lingkungan pengendapan

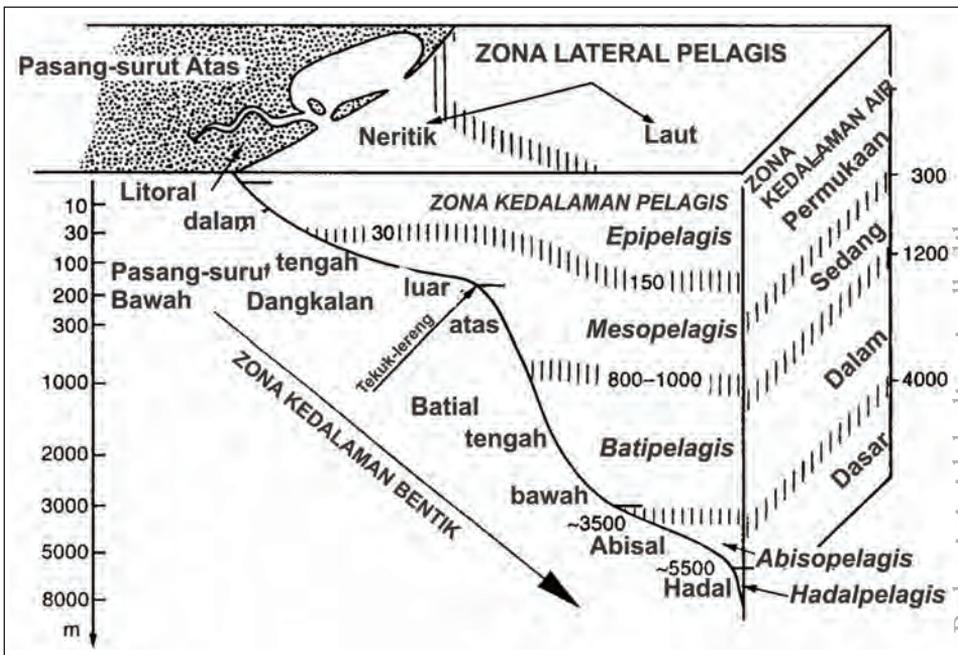
Buku ini tidak diperjualbelikan.

telah dikemukakan oleh beberapa ahli (Hegdpeth, 1957; Edwards, 1979; Kennett, 1982), seperti yang terlihat pada Gambar 5.2. Sekitar 70% studi mikrofasis batugamping berkaitan dengan lingkungan pengendapan laut dangkal yang terbentuk di landaian hingga dekat tekuk-lereng. Studi tentang mikrofasis yang akan datang perlu difokuskan pada lingkungan pengendapan batugamping yang berada di laut dalam pada kerangka tektonik lereng benua.



Sumber: Flugel (2004)

Gambar 5.1 Gambaran Umum Lingkungan Pengendapan Batugamping



Sumber: Kennett (1982)

Gambar 5.2 Klasifikasi Lingkungan Pengendapan Laut

Buku ini tidak diperjualbelikan.

C. LINGKUNGAN PENGENDAPAN BATUGAMPING MODERN

Pada saat sekarang ini, batugamping dapat dijumpai di berbagai lingkungan pengendapan, baik di darat, peralihan, maupun laut. Dengan lingkungan pengendapan yang berbeda-beda ini, tentunya akan dihasilkan kumpulan jenis batugamping yang berbeda-beda pula, seperti yang akan dibahas di bawah ini.

1. LINGKUNGAN PENGENDAPAN BUKAN-LAUT

Lingkungan darat atau bukan-laut mempunyai ragam cukup banyak (Gambar 5.3), meliputi pedogenik, paleosol dan kalice, palustrin, gua, speleotem dan kars, glasial, tufa, travertin dan sinter, danau, serta sungai.



Sumber: Flugel (2004)

Gambar 5.3 Klasifikasi Lingkungan Pengendapan Batugamping Bukan-laut

a. Pedogenik, Paleosol, dan Kalice

Istilah pedogenik menyitir kepada genesis tanah (soil) hasil pelapukan. Kebanyakan batugamping pedogenik terbentuk pada tanah yang mempunyai kandungan karbonat cukup banyak. Istilah paleosol adalah lapisan soil yang tertimbun dalam skala waktu geologi, tetapi juga sering digunakan untuk menyebut adanya lapisan yang tersingkap di permukaan, seperti kalice. Istilah kalice atau kalkret dipakai untuk mengidentifikasi pengonggokan batugamping di dekat permukaan (Reeves, 1976).

b. Palustrin

Palustrin adalah batugamping yang terbentuk di lingkungan danau yang berasal dari hasil naik-turunnya muka air dan dicirikan oleh percampuran fasies pengendapan darat di atas muka air tanah dan fasies air tawar. Batugamping jenis

ini cukup banyak dijumpai di lingkungan benua dan tepi laut. Pada umumnya, sumber bahan batugamping ini berupa material gampingan dekat gisik dari suatu danau. Naik-turunnya muka danau menyebabkan adanya perlapisan antara fasies batugamping danau (dicirikan oleh hadirnya fosil tertentu) dan fasies pedogenik (dicirikan dengan adanya struktur pedogenik). Yang menjadi kesulitan pada saat interpretasi batugamping ini bahwa batuan tidak selalu berasosiasi dengan endapan danau. Contoh endapan palustrin adalah batugamping yang dijumpai di Verglades, Florida (Platt & Wright, 1992).

c. Gua, Speleotem, dan Kars

Speleotem atau batugamping yang terbentuk dan terendapkan di lingkungan gua merupakan penciri yang baik untuk identifikasi fluktuasi panjang pendeknya iklim-purba. Pada umumnya, batugamping gua dan kars terbentuk oleh hasil penguapan di dalam gua, termasuk pula perlapisan tipis akibat penguapan yang dikenal sebagai speleotem, seperti *flowstone* dan *dripstone*. Stalaktit, stalakmit dan sinter termasuk ke dalam *dripstone* (Chafetz & Butler, 1980). Batugamping sinter mempunyai kandungan utama kalsit, selain beberapa aragonit, dolomit, dan mineral lain (Tietz, 1988). Sebagian besar komponen kalsit speleotem membentuk semen karbonat yang berstruktur dendritik (Folk & Assereto, 1976). Dengan demikian, semen jenis ini dapat dipakai untuk identifikasi endapan speleotem purba.

Istilah kars digunakan untuk mencirikan bentukan morfologi yang diakibatkan oleh proses pelarutan air meteorik. Bentuk morfologi ini meliputi skala makro dan mikro, baik di atas maupun di bawah permukaan morfologi, dalam kaitannya dengan segala perubahan suatu formasi batugamping (Choquette & James, 1988). Kars permukaan (eksokars) pada skala kecil dicirikan oleh adanya pelarutan atau korosi, sisa paleosol, karren, dolina atau lubang-lubang, sedangkan pada skala besar dicirikan adanya lembah dan tiang kars sebagai penciri topografinya. Kars bawah permukaan (endokars) dicirikan dengan adanya gua dan gerowong di bawah permukaan, baik di atas maupun di bawah muka air tanah.

d. Eolian

Istilah eolianit (Sailes, 1931) digunakan untuk identifikasi batugamping bioklastika di daerah bermuda dan sekarang digunakan untuk identifikasi hasil pengendapan angin di lingkungan darat yang diikat oleh semen karbonat. Ciri-ciri batugamping eolianit telah dikemukakan oleh McKee dan Ward (1983) serta Abegg dkk. (2001) yang meliputi 1) tekstur butiran yang terpilah bagus, ukuran butiran sedang hingga halus, kenampakan fenestral, adanya perbedaan pemilahan pada bidang perlapisan

atau perarian; 2) semen karbonat kalsit Mg-rendah yang berasal dari lingkungan meteorik hingga vados, dengan struktur semen cekung, menggantung, jarum-berlembar, blok, dan drus; 3) Biota berupa sisa tumbuhan darat, galian, bioturbasi, gastropoda darat, dan iknofosil; 4) pada umumnya berlapis; 5) kumpulan fasies meliputi runtunan menghalus ke atas, *grainstone* dangkalan hingga gisik hingga *grainstone* eolian. Butiran umumnya berupa bioklas dan ooid.

e. Glasial

Batugamping glasial merupakan hasil pelarutan dan rekristalisasi dari pelongsoran batugamping yang lebih tua akibat aliran es, baik di darat maupun di laut (Fairchild & Spiro, 1990; Fairchild dkk., 1993). Istilah glendonit dipakai untuk identifikasi pseudomorf kalsium karbonat heksahidrat, yang merupakan penciri endapan glasial. Batugamping jenis ini mempunyai ukuran kepingan mencapai beberapa sentimeter, merupakan endapan air dingin, dan berumur pra-Kambrium hingga Plistosen (Suess dkk., 1982; Shearman & Smith, 1985).

f. Travertin, Tufa Batugamping, dan Sinter

Travertin, tufa batugamping, dan sinter merupakan hasil endapan batugamping yang terbentuk pada mata air dalam keadaan bawah air (seperti kolam) dan ditunjang oleh kegiatan proses biotik maupun abiotik. Ganggang dan bakteri sangat mungkin untuk mempercepat proses penguapan larutan kalsit dan aragonit, serta membentuk endapan travertin mikroba (Chafetz & Folk, 1984). Travertin stromatolitik merupakan pola perarian antara sparit dan mikrit yang hadir secara berulang, sebagai hasil perubahan iklim, seperti halnya pengendapan dan pertumbuhan ganggang dan mikroba (Monty, 1976). Endapan travertin dapat terbentuk pada morfologi khusus, seperti endapan air terjun, akumulasi endapan danau, lereng gundukan, gundukan bertahap, dan mata air panas.

Istilah batugamping air tawar dikelompokkan secara fisik dan muasal, menjadi travertin, tufa batugamping, dan sinter (Koban & Schweitgert, 1993; Gambar 5.4). Travertin diasosiasikan dengan endapan batugamping yang padat dan keras hingga agak lepas dan terbentuk dengan pengaruh air hangat atau panas (Ford & Pedley, 1996). Proses pengendapan sinter dipengaruhi oleh air dingin dan endapannya dicirikan dengan pola struktur perarian yang baik dan pada umumnya mempunyai keporian sangat kecil. Di lain pihak, tufa batugamping dipakai untuk identifikasi endapan batugamping yang berongga dan tidak padat dengan pengaruh fotosintesis tumbuhan.

Ciri-ciri endapan darat air tawar tersebut (travertin, tufa batugamping, dan sinter; Flugel, 2004) meliputi 1) rongga keporian dapat diamati secara kasatmata,



Sumber: Koban dan Schweltgert (1993)

Gambar 5.4 Klasifikasi Travertin, Tufa Batugamping, dan Sinter

2) isian rongga oleh kristal kalsit berstruktur menyebar, 3) adanya struktur seluler yang terisi sparit, 4) struktur perarian dan bergelombang, dan struktur melingkar dengan perarian antara mikrit dan sparit, 5) pola perarian sangat tipis warna gelap dan terang, 6) lapisan dengan struktur gelembung, 7) struktur menyerupai belukar, 8) hadirnya peloid berbentuk lonjong hingga membundar tanggung dalam bentuk gumpalan atau butiran, 9) kepingan travertin berupa intraklas atau butiran yang berasal dari batuan samping atau batuan yang lebih tua, dan 10) hadirnya pisoid.

g. Danau

Pengendapan dan penguapan larutan batugamping dengan tingkat kegaraman yang berbeda-beda (danau air tawar, danau air payau, dan danau bergaram), dan dengan lingkungan yang berbeda. Naik-turunnya muka air menyebabkan adanya perulangan endapan danau dengan endapan palustrin yang dikenal sebagai endapan dekat-pantai danau sangat dangkal dengan pengaruh tumbuhan dekat-pantai (Freytet & Plaziat, 1982). Kenampakan khusus endapan ini adalah hadirnya

struktur perarian berskala sangat tipis akibat naik-turunnya muka air. Kadang-kadang endapan danau berhubungan dengan endapan sungai dan paleosol.

Danau dapat dibagi menjadi dua berdasarkan tingkat kegaramannya, yaitu danau air tawar dan danau air asin (Allen & Collinson, 1986). Terbentuknya batugamping danau air tawar berasal dari hilangnya karbondioksida dari tumbuh-tumbuhan, pengendapan sedimen ganggang, pertumbuhan bioherm stromatolitik, masuknya partikel batugamping alokton dengan mekanisme arus turbid, atau penguapan karbonat pada awal diagenesis. Batugamping pada danau air asin dicirikan dengan hadirnya: penguapan kalsit dan aragonit kaya-Mg seperti di Laut Mati; pola laminit pada batuan yang mengandung batugamping Ca-Mg, butiran kuarsa, silika, dan organik; ooid berukuran pasir yang terbentuk di air dangkal dekat pantai atau danau berbentuk teluk, yang berasosiasi dengan; bioherm ganggang dengan perarian mikrit atau berpori; pisoid dan pengerakan gamping akibat hilangnya karbon dioksida di wilayah playa; serta pengerakan sinter akibat penerobosan larutan hidrotermal.

Berdasarkan aspek biologi (Wright, 1990), endapan danau dapat dibagi menjadi 1) zona litoral, di bawah dasar gelombang yang dicirikan dengan hadirnya makrofita; 2) zona litoral bawah, masih termasuk ke dalam zona fotik, dicirikan dengan hadirnya koloni ganggang dan bakteri; 3) zona profundal, termasuk ke dalam zona afotik; dan 4) zona pelagis, dengan sirkulasi air terbuka dan endapan plankton. Komposisi batugamping endapan danau mirip dengan batugamping yang terbentuk di laut. Selain biota yang sama, kenampakan khusus pada batugamping danau adalah jejak bioturbasi dan bioerosi yang cukup nyata, begitu pula dengan pola stromatolitik. Peloid, intraklas dan ekstraklas sering kali hadir dominan, sedangkan ooid hadir sangat jarang.

h. Sungai

Endapan batugamping yang terbentuk di anak sungai, sungai besar, dan air terjun, di mana endapan batugamping tufa juga terbentuk, yang prosesnya diawali dengan kegiatan biotik maupun abiotik. Bentuk stromatolit, oncooid, dan ooid terbentuk oleh pertumbuhan ganggang, lumut, dan mikroba yang terjadi di aliran utama dan anak sungai (Nickel, 1985; Galli & Sarti, 1989). Oncooid dan ooid sungai dapat dibedakan dengan yang terendapkan di lingkungan laut berdasarkan struktur sedimennya yang merupakan pengendapan arus traksi (Verrecchia dkk., 1997).

2. LINGKUNGAN PENGENDAPAN PERALIHAN

Lingkungan pengendapan peralihan merupakan area sempit memanjang dekat pantai yang merupakan perbatasan antara lingkungan pengendapan darat dan

laut. Wilayah sekitar garis pantai merupakan area dinamis sebagai akibat interaksi intensif antara kekuatan energi yang berkaitan dengan gelombang, pasang-surut, angin dan arus, serta perubahan muka air laut.

a. Gisik, Penghalang, dan Laguna Pantai

Wilayah gisik terpengaruh oleh pasang-surut dengan endapan yang berasal dari sungai, erosi daratan, erosi dasar laut, onggokan cangkang, dan material lepas yang lain. Hal tersebut akan mengendapkan batu-pantai (Inden & Moore, 1983), yang diawali dari penyemenan secara cepat butiran pasir hingga kerakal oleh aragonit dan kalsit-Mg pada keporian antar partikel.

Endapan batugamping pesisir dan lepas pantai dibagi menjadi dua model pengendapan (Tucker dkk., 1990), yaitu model pantai-penghalang-laguna, serta model gisik-pantai-datar. Model pertama mempunyai tenaga gelombang menengah hingga tinggi dengan pasang-surut tinggi dan membentuk endapan pasir gamping di wilayah penghalang, dan pasir serta pematang pantai. Model kedua juga dicirikan dengan tenaga gelombang yang tinggi, endapan pasir juga intensif, tetapi mempunyai karakter pasang-surut rendah. Di lingkungan ini, endapannya adalah *grainstone* dengan cangkang biota yang hidup di daerah ini dan beberapa terumbu setempat; kadang hadir pula *grainstone* ooid.

Laguna pantai mempunyai karakter endapan dan biota yang sedikit berbeda. Laguna dengan penghalang mempunyai endapan berbutir halus, membentuk *packstone* hingga *mudstone*, dengan ragam biota sangat terbatas. Laguna dengan sirkulasi air (terbuka) mempunyai biota yang lebih beragam dan jenis batugamping yang beragam pula.

b. Pasang-Surut Tengah

Batugamping pasang-surut tengah merupakan endapan batugamping yang dijumpai di wilayah sekitar pasang-surut, termasuk pasang-surut atas, tengah dan bawah (Wright, 1984). Di wilayah ini mempunyai energi rendah, khususnya pada area dataran pasang-surut. Hardie dan Shinn (1986) mengemukakan sepuluh ciri endapan pasang-surut, meliputi 1) batugamping dataran pasang-surut terlindung dari gelombang laut terbuka; 2) fisiografi dataran pasang-surut dipengaruhi oleh skala kisaran pasang-surut; 3) dataran pasang-surut terbagi menjadi tiga zona, yaitu bawah, tengah, dan atas; 4) dataran pasang-surut sebagian daratan dan sebagian lagi lautan; 5) diperlukan kehati-hatian di dalam interpretasi lingkungan pengendapan dataran pasang-surut purba, karena pengaruh sirkulasi air, kegarapan, pasang-surut dan iklim; 6) lumpur panjang pantai terendapkan akibat arus dan badai; 7) lingkungan tektonik batugamping pasang-surut mungkin terbentuk di daratan

benua, pulau terpisah dengan laguna, pulau pada tepi paparan; 8) air dangkal tropis yang jernih dan hangat menjadikan pertumbuhan ganggang dan mikroba sebagai penjebak dan pengikat larutan karbonat; 9) penyemenan awal merupakan hal penting dalam pengawetan struktur dan tekstur batuan; dan 10) runtunan fasies batugamping secara berulang berurutan pasang-surut bawah, tengah, atas.

3. LINGKUNGAN PENGENDAPAN LAUT DANGKAL

Banyak ahli sedimentologi terdahulu menentukan lingkungan pengendapan laut dipisahkan menjadi dua, yaitu laut dangkal dan laut dalam. Keduanya dipisahkan oleh tekuk-lereng pada dangkalan. Lingkungan pengendapan laut dangkal meliputi dangkalan benua, termasuk lingkungan peralihan.

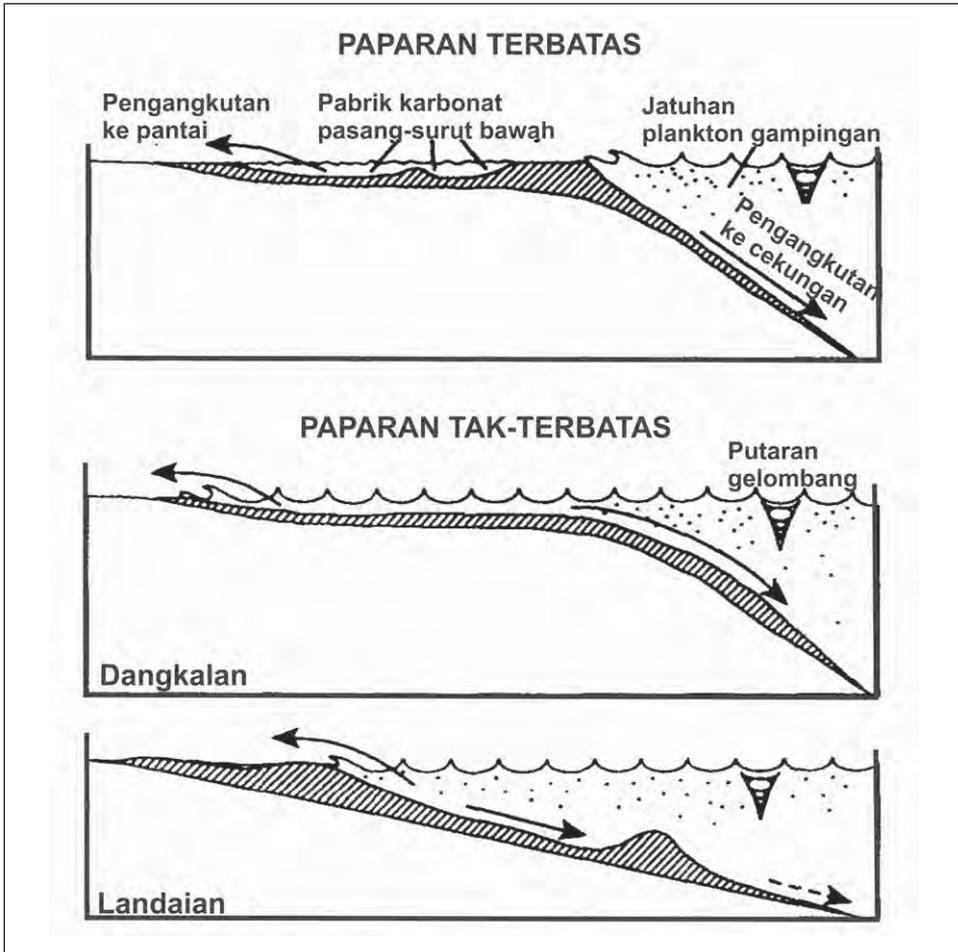
a. Dangkalan, Landaian, dan Paparan

Model lingkungan pengendapan batugamping mulai berkembang dengan analogi pengendapan batugamping sekarang (Wilson, 1975). Gambar 5.5 memperlihatkan perbedaan antara paparan terbatas, dangkalan dan landaian, tempat batugamping terbentuk dan terendapkan. Sekarang, istilah dangkalan, landaian, dan paparan dipakai untuk menunjukkan kedudukan dan geometri pengendapan batugamping di laut dangkal meskipun masih ada kebingungan tentang batasan ketiga istilah tersebut.

Istilah landaian karbonat digunakan untuk identifikasi permukaan pengendapan yang kelerengannya landai, menerus tanpa tekuk-lereng, dengan energi tinggi dan semakin merendah di bagian yang lebih dalam. Kedudukan landaian berhubungan langsung dengan garis pantai.

Mulanya, istilah paparan digunakan untuk identifikasi lingkungan pengendapan laut dangkal, mempunyai batas atas yang tetap dan dengan lereng curam di bagian bawahnya, terbentuk karena pengendapan batugamping di dangkalan atau di laut. Pada saat ini, istilah paparan lebih cenderung dipakai untuk pengendapan batugamping di laut dangkal, tanpa mempertimbangkan keharusan adanya lereng curam di batas bawahnya. Cukup banyak penulis yang menyebut istilah paparan, meliputi pula dangkalan, landaian, dan beberapa jenis paparan khusus yang lain.

Dangkalan karbonat mencirikan sistem pengendapan batugamping yang berkembang dan membentuk morfologi dasar laut, ke arah pantai dibatasi oleh endapan darat atau peralihan, sedangkan ke arah dalam oleh endapan lerengan atau cekungan. Peralihan dari laut dangkal ke cekungan dibatasi oleh adanya tekuk-lereng. Dalam hal ini, istilah paparan juga mempunyai arti yang sama dengan dangkalan tersebut.



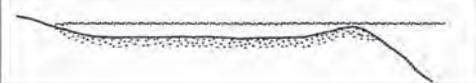
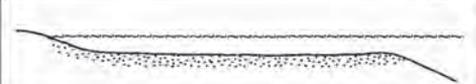
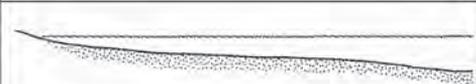
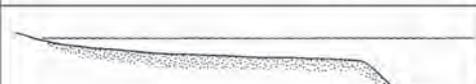
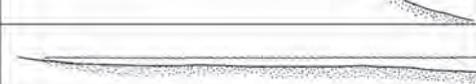
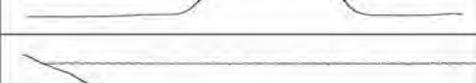
Sumber: James dan Kendall (1992)

Gambar 5.5 Paparan (Dangkalan) Terbatas, Tak-terbatas, dan Landaian

Kegunaan studi mikrofases yang utama ini adalah untuk mengetahui lingkungan dan fasies pengendapan purba dalam kaitannya dengan endapan laut. Untuk mencapai tujuan itu, diperlukan pemahaman yang baik tentang hal tersebut di atas, yaitu tentang fasies pengendapan di laut dangkal (Gambar 5.6). Ilustrasi ini telah digunakan oleh beberapa ahli (Ahr, 1973, 1998; Schlager, 1981; Enos, 1983; Read, 1982, 1985; Harris dkk., 1985; Burchette & Wright 1998; Tucker, 1985; Tucker & Wright, 1990; Jones & Desrochers, 1992; Burchette & Wright, 1992; Riding, 2002).

Dangkalan karbonat dan landaian karbonat homoklin secara lateral minimal terdiri atas tiga bagian (Gambar 5.7) dan sangat berguna untuk studi mikrofases.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

	Dangkalan Karbonat Terbatas (Ginsburg & James, 1974) dangkal dengan batas di bagian depan (karang penghalang, gisik, pulau), energi tinggi berada di luar batas dangkalan.
	Dangkalan Karbonat Tak Terbatas (Ginsburg & James, 1974): paparan dangkal tanpa pembatas, sirkulasi air terbuka, termasuk paparan karbonat terbuka, juga landaian karbonat.
	Landaian Homoklin (Read, 1982): laut dangkal landai, paparan benua dalam, lereng pengendapan merata, endapan terangkut dari dekat pantai energi tinggi menuju ke wilayah yang lebih dalam dan lumpuran.
	Landaian Bertahap Jauh (Read, 1982): sama seperti landaian homoklin, akan tetapi dengan perbedaan lereng yang jelas di bagian luar, wilayah landaian dalam
	Paparan Landai (Shaw, 1964): sangat luas, datar, wilayah benua ditutupi laut dangkal, dikuasai oleh fasies dangkalan pasang-surut tengah dan bawah dan dataran pasang-surut.
	Paparan Terpisah (Tucker & Wright, 1990): paparan laut dangkal tersendiri, terpisah dari dangkalan benua, dan dikelilingi laut dalam. Tepi paparan dengan terumbu dan pasir tertampi, panggung paparan energi rendah dan dataran pasang-surut.
	Atol Laut (Tucker & Wright, 1990): terbentuk oleh bekas gunungapi yang telah padam, yang muncul dari laut dalam, dicirikan oleh terumbu melingkar, dengan laguna di tengah.
	Paparan Jatuh (Schlager, 1981): muka air laut naik secara cepat, penurunan sangat cepat, produksi karbonat yang menurun sangat cepat. Paparan pelagis mempunyai muasal paparan laut dangkal.

Sumber: Flugel (2004)

Gambar 5.6 Gambaran Umum Paparan Karbonat

Faktor yang membedakan landaian dalam dengan landaian tengah adalah kekuatan badai, gelombang, dan pasang-surut. Di kedua bagian dangkalan ini endapan dengan mekanisme turbidit tidak hadir. Endapan yang dijumpai di cekungan dangkal dan landaian luar sering mempunyai kenampakan bioturbasi, seperti halnya endapan di lingkungan laguna. Pada landaian bertahap jauh, tekuk-lereng pada umumnya hadir di area landaian tengah hingga luar.

b. Tepi Dangkalan

Pada umumnya, batas antara dangkalan dan lerengan benua ditandai dengan adanya *pemutusan* dangkalan, titik di mana gradien kelerengan morfologi tiba-tiba berubah (Selwood, 1986). Kebanyakan tepi dangkalan atau landaian dibatasi oleh hadirnya terumbu atau tumpukan gamping pasir (Wilson, 1975, Halley dkk., 1983, James & Mountjoy, 1983), yang merupakan batuan sumber untuk endapan

	PANTAI	LAGUNA	LANDAIAN DALAM	LANDAIAN TENGAH	LANDAIAN LUAR	CEKUNGAN
	Pasang-surut, Sabkha		Pasir Gisik			Muka Air Laut
	Ganggang, Penguapan	Butiran Halus	Pengonggokan Bioklas dan Ooid Pengendapan Kembali	Gundukan Lumpur	Gundukan Lumpur	Dasar Gelombang
				Butiran Kasar, Lapisan Badai Menyisip Pada Butiran Halus	Butiran Halus, Terendapkan Kembali, Lapisan Badai Menyisip Pada Butiran Halus	Pikno-Termoklin
Energi Pengendapan	Rendah dan Tinggi	Rendah	Tinggi Rendah	Rendah dan Tinggi	Rendah	Rendah
Struktur Sedimen	Perarian	Tak Teratur, Bioturbasi	Silang-siur	Lapisan Silang	Bloturbasi, Perarian	Perarian
Jenis Batuan	Mudst, Bindst, Grainst.	Wackest, Mudst.	Grainst, Wackest, Packst.	Wackest, Mudst.	Grainst/Packst. Terendapkan kembali	Mudst, Bindst, Grainst.

Sumber: Flugel (2004)

Gambar 5.7 Pembagian Umum Landaian Karbonat

karbonat laut dalam (Schlager, 1992). Tepian paparan terbagi menjadi tepian pengendapan, tepian langsung, dan tepian terbatas.

Dangkalan karbonat tropis dan subtropis terbagi menjadi dua, yaitu dangkalan terbatas (dangkalan laguna) dan dangkalan terbuka yang keduanya dengan atau tanpa pengaruh masuknya material asal darat (Selwood, 1986). Sama halnya dengan batugamping purba, dangkalan karbonat air hangat modern mempunyai kandungan lumpur dan butiran karbonat. Butiran karbonat hadir berupa kepingan bioklas atau organisme *in situ*, peloid, butiran terselimuti (ooid, oncooid, rodoid), gumpalan butiran (batuaggur), dan lithoklas atau intraklas.

c. Terumbu

Terumbu perlu dipisahkan dari rangkaian pengendapan batugamping di laut karena adanya dominasi organisme bentonik yang sangat memengaruhi struktur dan tekstur batuan. Pada umumnya, terumbu modern terbentuk di laut dangkal, tetapi kadang-kadang juga dapat terbentuk di lingkungan yang lebih dalam hingga di cekungan. Agak berbeda dengan konsep bahwa terumbu hidup di daerah tropis hingga subtropis dengan keadaan air hangat, telah terbukti bahwa terumbu modern dan purba juga dapat terbentuk di daerah lintang tinggi dengan keadaan air dingin (Flugel, 2004).

Komposisi, keragaman, dan bentukan kumpulan terumbu pada umumnya berkembang dan membentuk struktur yang berbeda-beda (James & Bourque,

1992), yang pada hakikatnya merupakan hasil kegiatan biologi yang membentuk runtunan ekologi tertentu. Hal ini dikenal sebagai alostratigrafi. Runtunan ekologi terumbu ditunjukkan dengan peningkatan ragam fasies dan keragaman dan kestabilan struktur sedimen. Tahapan-tahapan tersebut dinamakan sebagai stabilisasi, kolonisasi, diversifikasi, dan dominasi (Gambar 5.8; James & Bourque, 1992). Kumpulan jenis batugamping terumbu terlihat pada ilustrasi tersebut.

Kumpulan jenis batugamping yang berkaitan dengan pertumbuhan terumbu secara lateral juga telah diulas oleh James dan Bourque (1992; Gambar 5.9). Contoh ilustrasi yang ditampilkan adalah terumbu karal dan hal ini juga berlaku untuk terumbu stromatoporid dan terumbu stromatolit. Ragam batuan yang ada adalah sama, kecuali beberapa struktur terumbu yang berbeda. Dalam hal ini, terumbu modern mempunyai perkembangan hingga ke arah laut yang lebih dalam dengan kondisi penurunan energi gelombang, penurunan intensitas sinar dan suhu air (Grauss & Macintyre, 1989). Zonasi tersebut segera berubah dengan naiknya intensitas sinar matahari dan suhu air laut.

Geometri terumbunya sendiri, secara lateral dua dimensi, juga mengalami perkembangan yang dipengaruhi oleh proses geologi yang berlangsung bersamaan dengan pertumbuhan terumbu (James & Kendall, 1992; Gambar 5.10). Cukup banyak bentuk terumbu tertentu yang khusus, baik yang terjadi pada terumbu laut maupun terumbu dangkalan.

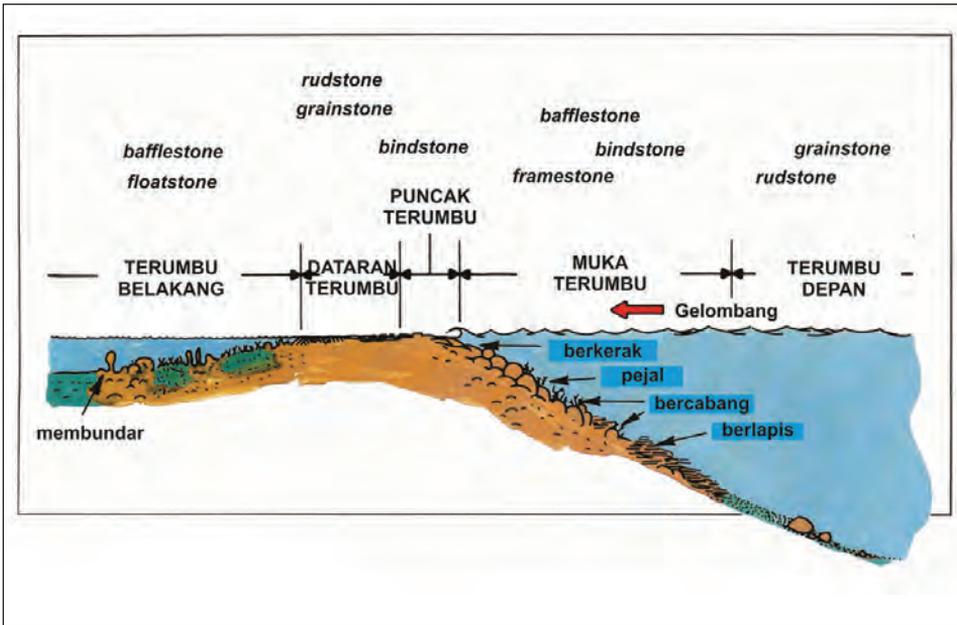


TAHAP	TIBE BATUGAMPING	RAGAM SPESIES	BENTUK PEMBANGUN TERUMBU
Dominasi	<i>bindstone - framestone</i>	<i>rendah hingga sedang</i>	<i>mendaun berkerak</i>
Diversifikasi	<i>bindstone (framestone) matriks mudstone hingga wackestone</i>	<i>tinggi</i>	<i>cembung pejal mendaun bercabang berkerak</i>
Kolonisasi	<i>bafflestone hingga floatstone (bindstone) matriks mudstone hingga wackestone</i>	<i>rendah</i>	<i>bercabang, mendaun, berkerak</i>
Stabilisasi	<i>grainstone hingga rudstone (packstone hingga wackestone)</i>	<i>rendah</i>	<i>runtuhan kerangka</i>

Sumber: James & Bourque (1992)

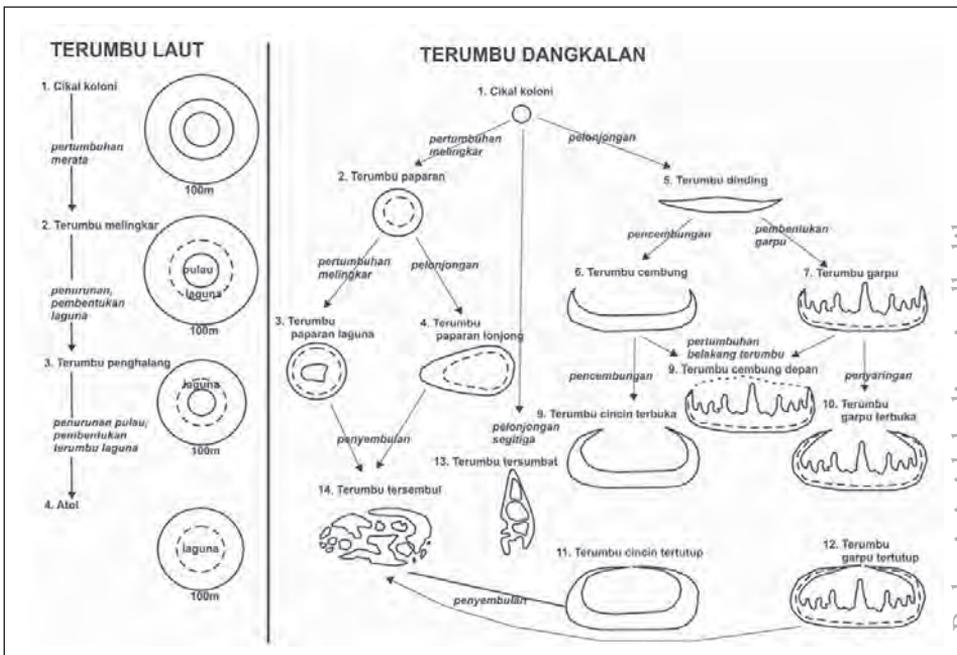
Sumber: James dan Bourque (1992)

Gambar 5.8 Tahapan Perkembangan Pertumbuhan Terumbu



Sumber: James dan Bourque (1992)

Gambar 5.9 Kumpulan Jenis Batugamping pada Wilayah Terumbu



Sumber: James dan Bourque (1992)

Gambar 5.10 Ragam Perkembangan Morfologi Terumbu

Buku ini tidak diperjualbelikan.

4. LINGKUNGAN PENGENDAPAN LAUT DALAM

Istilah laut dalam dipakai untuk aspek biologi yang menyatakan bahwa lingkungan pengendapan tersebut berada di bawah zona tembus sinar matahari (zona fotik) dan lebih dalam daripada zona dangkalan, atau dengan perkiraan kedalaman >200 m (Flugel, 2004). Lingkungan pengendapan laut dalam pada umumnya berada di bawah tekuk-lereng, meliputi lerengan, dasar lerengan, dataran abisal, pematang tengah samudra, tinggian laut, gunungapi bawah laut, dan palung atau cekungan dalam. Perlu diketahui bahwa istilah cekungan karbonat tidak harus merupakan cekungan laut dalam yang sesungguhnya. Pada umumnya, cekungan karbonat masih berada di atas kedalaman zona abisal, kurang dari 100 m.

Pengendapan batugamping di laut dalam dipengaruhi empat faktor (Cook & Mullins, 1983; Cook dkk., 1983; Enos & Moore, 1983) meliputi 1) pengendapan pelagis laut dan arah arus; 2) pengangkutan bawah laut oleh aliran arus gaya berat, yaitu arus turbidit, aliran butiran, dan nendatan; 3) pengendapan kembali sedimen oleh arus bawah laut akibat adanya guncangan bawah laut (termasuk gempa dan badai); dan 4) penguapan kimia dan biologi di dasar laut.

Endapan laut dalam modern terdiri atas endapan biogenik, termasuk lumpur silika dan lumpur karbonat, yang bersumber dari laut dangkal dan terendapkan di lereng dan cekungan, material gunungapi, dan lempung laut dalam. Dasar penggolongan endapan laut dalam adalah ukuran butiran dan komposisi batuan.

a. Lerengan

Endapan aliran gaya berat, terutama akibat arus turbid dan aliran peruntuhan, sering kali terjadi di wilayah lerengan hingga cekungan (Cook & Enos, 1977; Macilreath & James, 1979). Endapan tersebut bersumber dari daerah paparan air dangkal dan tepian paparan, kadang-kadang juga berasal dari lerengan atas, yang keseluruhannya terangkut menuju ke lerengan atas, tengah dan bawah. Lerengan karbonat teramati menjadi dua jenis, yaitu 1) lerengan langsung apabila material langsung terangkut ke tempat yang lebih dalam tanpa diendapkan di lerengan tersebut dan material yang terangkut tersebut terendapkan di cekungan di sekitarnya; dan 2) lerengan akrasi atau lerengan pengendapan apabila endapan aliran gaya berat dijumpai di lerengan bawah. Material karbonat yang terendapkan membentuk batugamping paparan-dalam (Schlager & Camber, 1986).

Endapan yang dijumpai di daerah lerengan atas terdiri dari percampuran antara material yang berasal dari terumbu dan endapan pelagis. Lerengan bawah dan terbawah pada umumnya didukung oleh endapan turbidit dan endapan aliran peruntuhan, baik terdukung butiran maupun terdukung lumpur. Endapan ini

berselingan dengan endapan lumpur lerengan tengah dan membentuk endapan karbonat pinggir-muka yang cukup besar. Siklus pengendapan seperti tersebut di atas dipengaruhi oleh perubahan iklim, naik-turunnya muka air laut, dan kecepatan produksi material gampingan di daerah paparan yang menjadi inspirasi adanya studi mikrofases batugamping (Flugel, 2004).

b. Batugamping Alokton

Terjadinya pengangkutan gaya berat yang berlangsung di lerengan laut dalam diakibatkan oleh beragam proses, termasuk jatuhnya batuan, nendatan, luncuran, dan aliran endapan gaya berat. Jatuhnya batuan bawah laut hadir pada lereng terjal yang membentuk endapan bongkahan di bagian dasarnya. Nendatan merupakan pergerakan ke bawah dengan melalui bidang geser, sedangkan luncuran dipakai apabila pergerakan hanya berjarak dekat saja. Kedua proses ini dipacu oleh datangnya material yang masih lepas dengan jumlah cukup banyak dan disertai oleh proses geologi seperti gempa bumi.

Material tersebut di atas terangkut ke bawah dengan mekanisme pengendapan aliran butiran dan aliran peruntuhan. Mekanisme pengendapan aliran butiran dengan interaksi langsung antara butiran halus, sedangkan aliran peruntuhan berlangsung dengan adanya butiran yang besar hingga bongkah di dalam matriks lumpuran yang bercampur air.

c. Batugamping Pelagis

Endapan laut dalam biogenik dibentuk oleh sisa-sisa pelagis yang masuk ke dalam formasi lumpur karbonat atau silika. Istilah pelagis diartikan adanya laut terbuka yang terkait dengan organisme plankton atau nekton yang umumnya berada di lingkungan laut terbuka (Flugel, 2004). Hadirnya sejumlah besar material asal darat dan hasil kegiatan gunungapi bawah laut, mengendapkan batuan berbutir halus lumpuran, atau dikenal sebagai endapan hemipelagis.

Sebaran endapan pelagis di dasar laut dipengaruhi oleh tingkat pelarutan butiran yang terbentuk di permukaan. Kebanyakan pelarutan cangkang silika (radiolaria dan diatome) hadir apabila dijumpai larutan silika tidak jenuh di permukaan laut. Sebaliknya, kebanyakan pelarutan cangkang gampingan terjadi apabila dijumpai larutan karbonat tidak jenuh. Perbandingan kandungan silika dan karbonat pada material lumpuran bergantung pada sirkulasi air bawah laut, yang mengontrol proses pelarutan dan aliran arus naik (Berger, 1991). Perbedaan komposisi plankton gampingan pelagis sangat bergantung pada ketersediaan nutrisi di wilayah tersebut (Legget, 1985).

MIKROFASIES BATUGAMPING

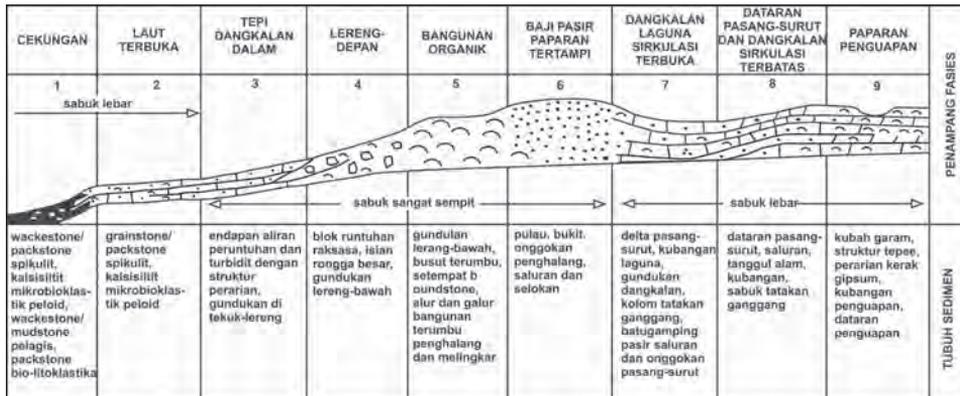
A. MODEL PENGENDAPAN

Model fasies pengendapan didapatkan berdasarkan studi pengendapan batugamping modern dan batugamping purba. Beberapa model fasies pengendapan batugamping yang terutama telah dikemukakan oleh Walker (1992). Model pengendapan yang telah dikemukakan tersebut dapat dipakai sebagai panduan penelitian mendatang guna memperkirakan lingkungan pengendapan batuan. Aspek utama yang dijadikan dasar untuk pembuatan model fasies pengendapan, dari laut dangkal hingga laut dalam, antara lain: 1) perubahan morfologi dasar laut dicerminkan oleh perbedaan kecuraman daerah lerengan dan dangkalan yang dipisahkan oleh tekuk-lereng; 2) batasan tegak yang memengaruhi kedalaman dasar laut dicirikan oleh tinggi-rendahnya pasang-surut, dasar gelombang normal, dan dasar gelombang badai; dan 3) perbedaan secara lateral pada komponen endapan dan biota membuat pembagian zona fasies menjadi jelas.

1. PAPARAN

Wilson (1975) telah mengusulkan model sabuk fasies yang didasarkan kepada paparan karbonat terbatas di daerah tropis (Gambar 6.1). Model yang telah dibuat ini sangat menginspirasi banyak ahli pada saat itu, bahkan hingga sekarang ini. Telah cukup banyak ahli yang mengembangkan model pengendapan dari Wilson (1975) tersebut, antara lain Kendall dan Schlager (1981), Schlager (1981, 1992, 2000), Read (1982, 1985), Tucker (1985), Tucker dan Wright (1990), James dan Kendall (1992), Handford dan Loucks (1993), Machel dan Hunter (1994), Read dkk. (1995), serta Lukasik dkk. (2000). Para ahli tersebut telah mengembangkan model pengendapan batugamping dengan berbagai penekanan aspek yang lebih terperinci. Pada dasarnya, model fasies pengendapan yang digunakan untuk interpretasi lingkungan pengendapan batugamping terdiri atas lima sabuk utama (Read, 1985; Anderton, 1985). Sabuk-sabuk tersebut terdiri atas fasies dataran

pasang-surut; fasies laguna; endapan beting yang meliputi tumpukan, terumbu, dan ooid/pelet beting; fasies dangkalan dan landaian dalam; serta fasies lerengan dan cekungan.

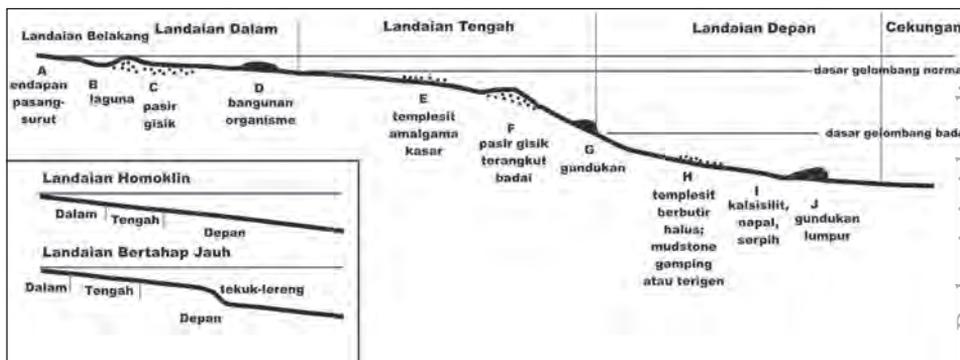


Sumber: Wilson (1975)

Gambar 6.1 Model Paparan Karbonat Terbatas (Wilson, 1975)

2. LANDAIAN

Pada saat yang hampir bersamaan, Ahr (1973) juga membuat model pengendapan batugamping, khususnya yang terendapkan dengan model landaian karbonat. Model pengendapan dari Ahr (1973) ini selanjutnya telah disempurnakan oleh Burchette dan Wright (1992). Selain itu, beberapa ahli yang telah membuat klasifikasi landaian karbonat, antara lain (Read, 1982, 1985; Carozzi, 1989; Aigner dkk., 1990; Miall, 1990). Read (1982, 1985) membagi landaian menjadi dua, yaitu landaian homoklin dan landaian bertahap jauh (Gambar 6.2). Proses pembentukan lereng ini dapat secara agradasi pada lerengan homoklin dan



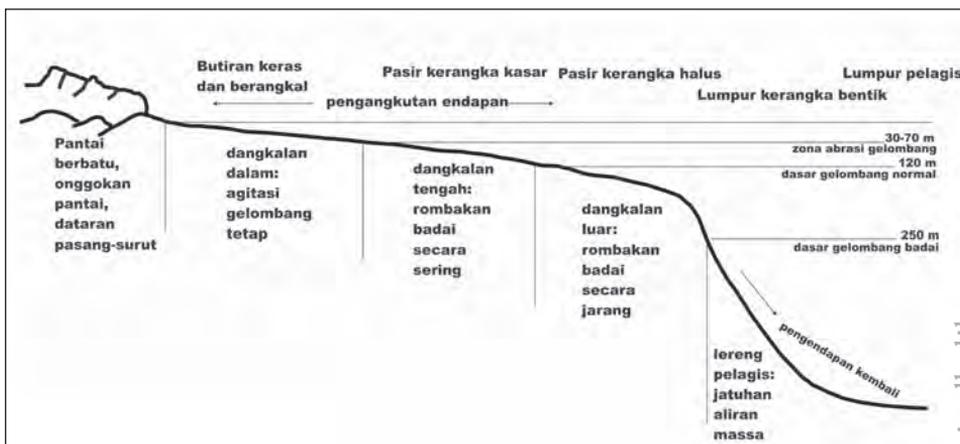
Sumber: Read (1982, 1985); Burchette dan Wright (1992)

Gambar 6.2 Model Landaian Karbonat

progradasi pada lereng bertahap jauh (Spence & Tucker, 1999). Landaian tersebut sering kali diikuti oleh perkembangan bangunan karbonat organik yang membentuk paparan karbonat terbatas. Kedua jenis lereng tersebut terdiri atas fasies dataran pasang-surut dan laguna, serta pasir bioklastika-oolit endapan beting air dangkal. Pada endapan laut dalam, berkembang *wackestone*, *mudstone*, dan napal berfosil, selebihnya diikuti dengan nendatan, breksi, dan turbidit pada lereng jauh bertahap.

3. DANGKALAN

Model pengendapan batugamping yang lain adalah dangkalan tak-terbatas atau paparan terbuka yang dicirikan dengan tidak adanya pembatas atau penghalang di tepian dangkalan, seperti halnya pada landaian dan paparan. Dangkalan karbonat tak-terbatas hadir cukup banyak di daerah tropis yang membentuk cukup banyak tumpukan, begitu pula di lingkungan air dingin. Pembagian zonasi dangkalan karbonat tak-terbatas telah dilakukan oleh James (1997) yang meliputi dangkalan dalam, dangkalan tengah, dangkalan luar, dan lereng pelagis (Gambar 6.3).



Sumber: James (1997)

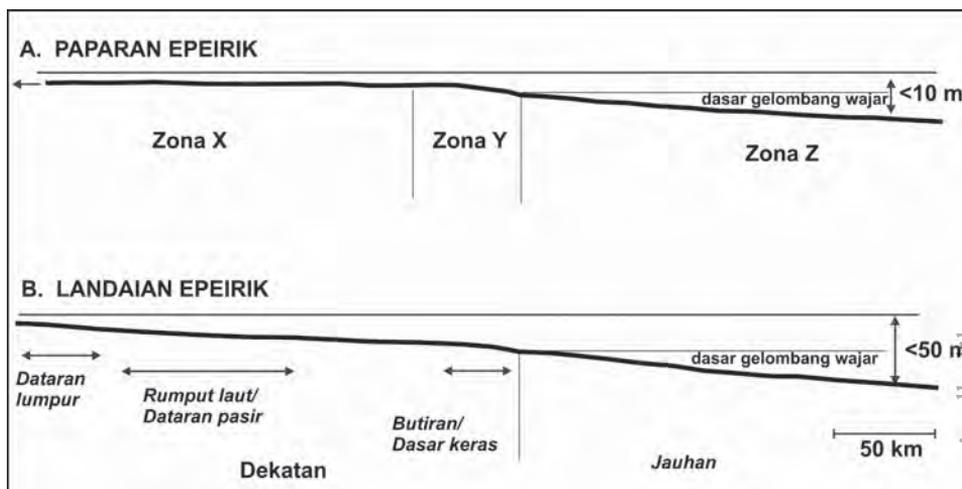
Gambar 6.3 Pembagian Zona Dangkalan Karbonat dengan Zona Hidrodinamik

Dangkalan dalam mempunyai ciri-ciri agitasi gelombang stabil dengan abrasi, erosi, dan penampian partikel; membentuk berangkal dan material keras; biota meliputi ganggang merah, foram bentonik, bryozoa, sponge, bivalvia, gastropoda, serpulid, dan ekinoid, serta beberapa jejak tanaman hutan dan akar. Dangkalan tengah dicirikan oleh seringnya rombakan akibat badai yang mengabrasi partikel dan terendapkan di dangkalan dalam dan luar; struktur bioerosi dan bioturbasi sering hadir; mengendapkan batugamping pasir bioklastika kasar yang berupa

gundukan atau ongkolan; biota meliputi ganggang merah, foram bentonik dan planktonik, moluska, bryozoa, brachiopoda, sponge, barnakel, dan ekinoid. Dangkan luar mempunyai penciri adanya rombakan dasar laut akibat badai yang kadang-kadang terjadi dengan mekanisme pengendapan suspensi; struktur bioerosi dan bioturbasi sering hadir; mengendapkan batugamping pasir bioklastika halus pada bagian yang lebih dalam berupa batugamping lumpur mengandung kepingan kerangka dan plankton, sponge-spikele silikaan, dan lempung; biota yang dijumpai meliputi bryozoa, sponge, moluska, brachiopoda, foram bentonik, dan planktonik.

4. PAPARAN DAN LANDAIAN EPEIRIK

Meskipun sangat jarang hadir di lingkungan karbonat modern, masih ada model pengendapan paparan karbonat yang dikemukakan oleh Edinger dkk. (2002), dengan contoh di Laut Jawa, Laut Baltik, dan Laut Utara. Model ini membagi paparan karbonat berdasarkan energi pengendapan, yaitu zona X, zona Y, dan zona Z (Gambar 6.4).



Sumber: Edinger dkk. (2002) dan Lukasik dkk. (2000)

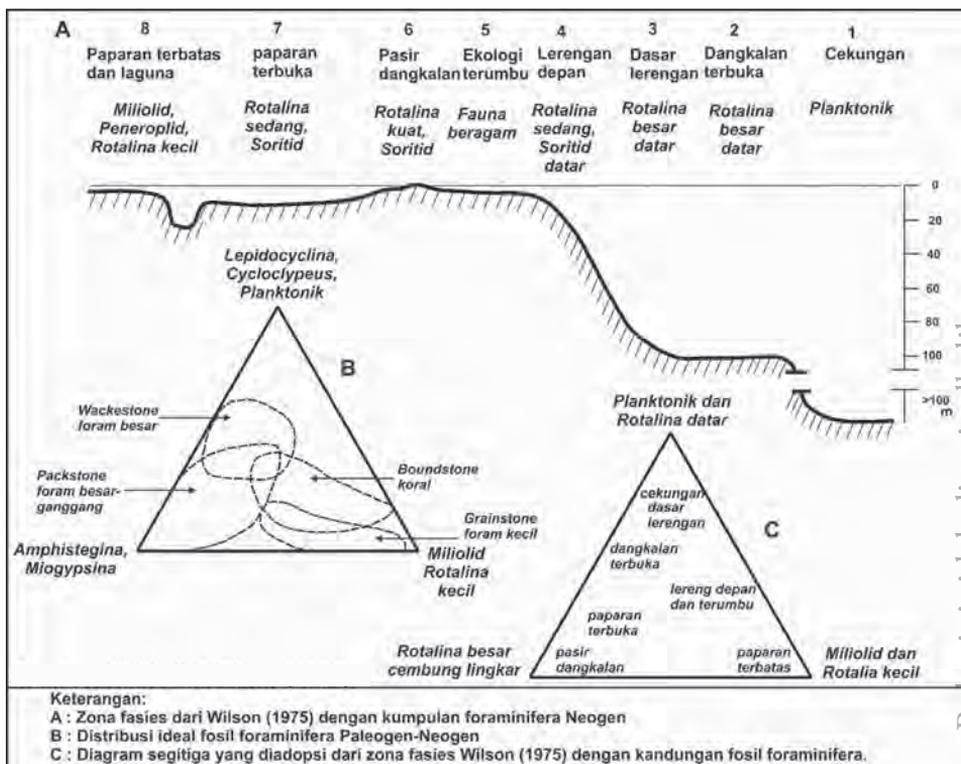
Gambar 6.4 Model Paparan Epeirik dan Landaian Epeirik

Dengan keadaan lingkungan pengendapan yang sama, model pengendapan landaian karbonat telah dibuat oleh Lukasik dkk. (2000), khususnya untuk batugamping Tersier di cekungan Murray Australia. Endapan batugamping pada landaian epeirik dekatan dicirikan oleh batugamping berbutir halus berstruktur galian organisme; pembentukan dataran lumpur dekat pantai; wilayah rumput laut jauh; serta dijumpai endapan berbutir kasar yang merupakan endapan badai.

Endapan batugamping pada landaian epeirik jauh dicirikan dengan hadirnya sejumlah fosil foraminifera bentonik, bryozoa, moluska, dan echinodermata; struktur bioturbasi sering dijumpai; matriks pada umumnya adalah *packstone* bioklastika; hadirnya *floatstone* dan *rudstone* dengan fosil besar di dalam matriks *packstone*.

5. ZONASI BIOTIK

Model pengendapan batugamping yang lain lagi adalah model zonasi biotik yang telah dikemukakan oleh Hallock dan Glenn (1986). Model zonasi biotik ini dibuat sepanjang paparan atau landaian, yang dilengkapi dengan 1) penyebaran lateral unit yang lebih terperinci, seperti grup dan supergrup ganggang gampingan; 2) rerata penyebaran dan asosiasi fosil dan morfologinya, seperti foraminifera; 3) kumpulan fosil yang terintegrasi, komposisi batugamping dan data mikrofasesis, dan penggunaan fosil indeks, serta 4) penyebaran kumpulan fosil bentonik sepanjang laut dangkal hingga laut dalam (Gambar 6.5). Ganggang hijau hadir di fasies paparan terbatas dan terbuka dan lingkungan landaian dalam (FZ 8 dan



Sumber: Hallock dan Glenn (1986)

Gambar 6.5 Diagram Zonasi Fosil dalam Kaitannya dengan Pembagian Zona Fasies

7), sedangkan ganggang merah juga dapat dijumpai di tepi paparan tertampi hingga lerengan atas (FZ 6) dan lingkungan landaian tengah serta sianobakteri terkonsentrasi di lingkungan paparan terbatas (FZ 8). Foraminifera besar bentonik dapat dipakai sebagai penunjuk lingkungan pengendapan batugamping (Geel, 2000), khususnya pada batugamping berumur Kenozoik (Hallock & Glenn, 1986), dengan melihat bentuk dan ketebalan cangkangnya. Fosil foraminifera bentonik telah berhasil digunakan untuk indikasi fasies batugamping modern dan purba (Murray, 1991). Dengan mempertimbangkan parameter tekstur cangkang fosil foraminifera, seperti ukuran butir dan pemilahan, sebagai akibat proses pengangkutan dan pengendapan kembali, kumpulan fosil autokton dapat dipisahkan (Venec-Peyre, 1991).

B. ZONA FASIES

Model pengendapan yang telah diusulkan oleh Wilson (1975) akan dibahas lebih terperinci pada subbab ini. Model pengendapan tersebut membentuk beberapa sabuk pengendapan yang berbeda berdasarkan perubahan aspek-aspek sedimentologi dan biologi, yang membentang dari dangkalan, menuju lerengan hingga cekungan pengendapan, dan dikenal sebagai zona fasies (FZ). Faktor utama yang memengaruhi perkembangan paparan karbonat adalah tataan tektonik dan kecepatan penurunan, naik-turunnya muka air laut, produksi gamping dan pengangkutan endapan, sumber bahan batugamping yang terbentuk di tepi paparan, perkembangan pertumbuhan terumbu, dan ragam proses diagenesis. Tercatat ada sembilan zona fasies (FZ) yang diusulkan oleh Wilson (1975) ini, yaitu cekungan laut dalam, dangkalan dalam, tepi dangkalan dalam, lerengan, terumbu tepi paparan, paparan tertampi, paparan terbuka, paparan terbatas, dan paparan penguapan.

1. CEKUNGAN LAUT DALAM

Zona fasies cekungan laut dalam (FZ-1), merupakan sabuk yang melampar luas, berada di bawah dasar gelombang, dengan kedalaman ratusan hingga ribuan meter. Endapannya berupa lumpur pelagis, lumpur karbonat dan silikaan, lumpur hemipelagis, dan turbidit; sering membentuk perlapisan tipis. Biota yang sering muncul adalah biota planktonik dan sangat jarang bentonik. Batuan yang dijumpai berupa *wackestone* dan *mudstone* pelagis, napal, *packstone* alokton, *grainstone* halus, dan sangat jarang breksi batugamping.

Flugel (2004) menambahkan subzona cekungan laut dalam kraton (FZ-1B) untuk wilayah dengan kedalaman 30–100 m, mengandung biota nekton (amonit)

dan plankton (foraminifera pelagis, radiolaria, kalpionelid, kokuina bivalvia tipis), kadang mengandung biota bentonik dan sponge-spikule; serta hadir sisipan tipis anhidrit.

2. DANGKALAN DALAM

Zona fasies dangkalan dalam (FZ-2) merupakan sabuk yang melampar luas, berada di bawah dasar gelombang normal, tetapi masih di dalam kisaran dasar badai, dengan kedalaman air puluhan hingga ratusan meter. Morfologi di wilayah ini membentuk tonjolan yang berada di antara paparan aktif dan cekungan yang lebih dalam. Zona fasies ini mempunyai kegaraman normal dengan sirkulasi air yang baik. Batuan yang terendapkan kebanyakan berupa batugamping berfosil yang berselingan dengan napal, *wackestone* kerangka utuh dan pecah, beberapa *grainstone* dan kokuina. Matriks batuan pada umumnya pelmikrit, beberapa butiran silika, sering struktur bioturbasi, berlapis bagus tipis hingga sedang, struktur bintal hingga bergelombang. Biota hadir berupa cangkang fauna beragam yang mencirikan keadaan laut normal, baik epifauna maupun infauna, biota dominan brachiopoda dan ekinodermata, beberapa biota planktonik. Batuan yang terendapkan meliputi *wackestone*, kadang-kadang *grainstone*, napal, dan serpih.

3. TEPI DANGKALAN DALAM

Zona fasies tepi dangkalan dalam (FZ-3), merupakan sabuk sempit yang berada di bawah dasar gelombang dan hampir tidak mempunyai kandungan oksigen, kemiringan lereng $>1,5^\circ$ yang semakin curam ke arah yang lebih dalam, kedalaman air sama dengan FZ-2, mungkin 200–300 meter. Endapan karbonat yang terbentuk kebanyakan berbutir halus, di beberapa tempat rijangan, jarang dengan sisipan lumpur asal darat. Material pelagis bercampur dengan butiran halus asal darat, terangkut dari dangkalan di sekitarnya. Ukuran butiran yang terbentuk cukup beragam dengan struktur berlapis susun atau breksia (turbidit dan endapan aliran peruntuhan), yang berselingan dengan batuan berbutir halus. Biota yang dijumpai merupakan rombakan dari bentonik air dangkal, serta beberapa bentonik dan planktonik air dalam. Kebanyakan batuan yang dijumpai pada fasies ini adalah *mudstone*, *grainstone*, dan *packstone* alokton, serta dengan sisipan serpih.

4. LERENGAN

Zona fasies lerengan (FZ-4) merupakan sabuk sangat sempit yang mempunyai lereng curam, 50° hingga hampir tegak, dan merupakan bagian ke arah laut di luar tepi paparan. Endapan yang terbentuk kebanyakan berupa material rombakan paparan bercampur dengan fosil pelagis dan memiliki ukuran butiran yang

beragam. Bagian paling dalam atau luar pada zona ini biasanya berupa batulumpur dengan struktur nendatan cukup banyak, hingga berupa pasir gamping yang mempunyai bidang-depan curam. Biota hadir kebanyakan berupa hasil rombakan biota bentonik dari lingkungan air dangkal, pengerakan biota bentonik, dan beberapa bentonik dan planktonik air dalam. Batuan pada umumnya berfosil cukup banyak. Kebanyakan batuan yang dijumpai pada fasies ini adalah *mudstone*, *grainstone*, dan *packstone* alokton, *rudstone* dan *floatstone*, dan breksi batugamping.

5. TERUMBU TEPI PAPARAN

Zona fasies terumbu tepi paparan (FZ-5) merupakan sabuk sangat sempit dengan kedalaman beberapa meter hingga ratusan meter (gundukan lumpur). Model fasies terumbu ini mungkin terbentuk pada 1) gundukan lumpur organik yang teronggok di lerengan atas, 2) landaian dengan terumbu membukit atau dengan gundukan pasir, dan 3) terumbu penghalang tahan gelombang yang membatasi paparan karbonat. Kebanyakan batugamping yang terendapkan di zona fasies ini mempunyai ukuran butiran beragam, batugamping pejal dan dolomit, *boundstone* setempat atau tumpukan karbonat. Rongga batuan pada umumnya terisi semen karbonat, mempunyai beberapa siklus pembangunan, pengerakan, pemboran, dan perusakan. Biota yang dijumpai kebanyakan adalah biota bentonik, koloni biota pengikat, pengerak dan penjebak dalam jumlah yang sangat besar, serta batuan berukuran pasir mengandung biota bentonik, seperti foraminifera dan ganggang.

6. PAPARAN TERTAMPI

Zona fasies paparan tertampi (FZ-6) merupakan sabuk sangat sempit yang berupa gisik memanjang, gundukan pasang-surut, pantai, dan pulau angin, berada di atas dasar gelombang normal, dan sangat dipengaruhi oleh arus pasang-surut. Endapan yang dijumpai berupa pasir gamping yang bersih, berbutir membundar, terselimuti dan terpilah bagus, dan kadang-kadang dengan butiran kuarsa. Butiran tersebut berupa butiran kerangka, atau ooid dan pelet, kadang-kadang berstruktur silang-siur, sering dengan kenampakan bioturbasi, dan sangat mudah terangkat ke permukaan. Biota hadir berupa rombakan dari biota terumbu dan asosiasinya, dengan keadaan telah licin tercuci dan terabrasi. Jenis biota kurang beragam dan yang sering muncul antara lain gastropoda dan bivalvia besar, serta foraminifera dan ganggang merah. Jenis batuan yang dijumpai pada fasies ini meliputi *grainstone* dan *packstone*.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

7. PAPARAN TERBUKA

Zona fasies paparan terbuka (FZ-7) merupakan sabuk yang berbentuk paparan hampir datar dan meluas, berada di atas dasar gelombang atau termasuk ke dalam zona fotik, mempunyai sirkulasi air sedang, dan dengan kedalaman air beberapa hingga puluhan meter. Paparan ini dinamakan sebagai laguna apabila terlindungi oleh pasir gisik, terumbu, atau pulau di tepi paparan. Endapan yang terbentuk berupa lumpur gamping, pasir lumpur, dan pasir bersih, yang bergantung pada ukuran butiran endapan lokal dan tingkat penampian gelombang dan arus pasang-surut. Pola pelapisan pada umumnya sedang hingga tebal. Kadang-kadang terbentuk terumbu setempat atau tumpukan organik. Pasir dan lumpur asal darat masih hadir paparan yang menyatu, tetapi tidak hadir pada paparan terlepas seperti atol laut. Biota hadir berupa bentonik air dangkal seperti ganggang, foraminifera, bivalvia, dan jarang gastropoda. Beberapa wilayah mempunyai pertumbuhan rumput laut dan terumbu setempat. Jenis batumannya adalah *mudstone*, *wackestone* dan *floatstone*, *packstone*, dan *grainstone*.

8. PAPARAN TERBATAS

Zona fasies paparan terbatas (FZ-8) merupakan sabuk yang meluas, berada di atas dasar gelombang atau termasuk ke dalam zona fotik, tidak terhubung dengan laut terbuka yang menyebabkan beragamnya tingkat kegaraman dan suhu air, dan dengan kedalaman air beberapa hingga puluhan meter. Zona fasies ini berkeadaan air dangkal dengan kubangan dan laguna dengan sirkulasi air terbatas dan keadaan air dengan kegaraman tinggi. Kedudukan laguna berada di belakang terumbu penghalang, termasuk atol atau pemisah pantai. Sedimen yang dijumpai kebanyakan berupa lumpur gamping, pasir lumpuran dan kadang-kadang pasir bersih, sering diselingi butiran asal darat. Penyemenan awal diagenesis sering dijumpai pada batugamping dan dolomit yang terbentuk di zona fasies ini. Biota air dangkal hadir dengan keragaman terbatas, tetapi dengan jumlah melimpah, seperti foraminifera miliolid, ostrakoda, gastropoda, ganggang dan sianobakteri, serta tumbuhan air tawar dan laut. Batuan yang terbentuk terdiri atas *mudstone*, *mudstone* dolomit, *wackestone*, *grainstone*, *bindstone*, dan breksi batugamping.

9. PAPARAN PENGUAPAN

Zona fasies paparan penguapan (FZ-9) merupakan sabuk yang meluas, berada di area pasang-surut atas, sabka, rawa asin dan kubangan bergaram, dan pada umumnya dengan iklim kering. Fasies ini tidak terhubung dengan laut terbuka, sangat jarang terpengaruh oleh masukan air laut, dan dengan iklim kering yang

menyebabkan pengendapan gipsum dan anhidrit atau garam selain endapan karbonat. Endapan yang terbentuk berupa pasir atau lumpur gamping dan dolomit, mengandung bintal, gipsum atau anhidrit berkristal kasar dengan beberapa sisipan lapisan-merah dan terigen pengendapan angin. Biota yang hadir berupa biota kecil kecuali sianobakteri, ostrakoda, moluska, udang-udangan air asin. Batuan yang terbentuk terdiri atas *bindstone* dan *mudstone*, baik gamping maupun dolomit dengan struktur perarian, serta mempunyai sisipan lapisan anhidrit dan gipsum.

Flugel (2004) menambahkan subzona paparan penguapan lembap (FZ-9B) untuk wilayah air payau yang beriklim lembap. Keberadaan zona fasies ini tidak meluas atau relatif sempit. Adanya aliran air di wilayah ini akan menipiskan tumpukan endapan kubangan laut dan tumbuhan air payau. Endapan yang dijumpai berupa pasir dan lumpur gamping laut dengan sisipan gambut dan lumpur gamping. Biota yang hadir berasal dari gisik laut yang tercuci oleh badai, ditambah dengan organisme air payau-tawar, seperti ostrakoda, ganggang hijau, serta siput air tawar.

10. DARATAN

Zona fasies daratan (FZ10) ini ditambahkan oleh Flugel (2004) untuk mengadopsi endapan-endapan batugamping darat, seperti paleokars, kalice, dan endapan batugamping darat yang lain. Endapan gamping yang terbentuk pada umumnya merupakan hasil rombakan batugamping yang lebih tua akibat pengaruh proses diagenesis selama fase penyingkapan batuan. Pada umumnya, butiran tersebut diikat oleh semen karbonat meskipun ada pula yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat. Hampir tidak ada biota yang hadir di fasies daratan ini, kecuali sianobakteri dan mikroba.

C. STANDAR MIKROFASIES

Standar mikrofases merupakan turunan dari fasies pengendapan lokal yang didasarkan aspek-aspek paleontologi dan/atau sedimentologi. Kumpulan mikrofases menjadi unsur penunjang untuk menentukan zona fasies purba. Fasies batugamping dapat dipelajari dengan berbagai skala. Hubungan stratigrafi, struktur sedimen, litofases dan biofases dapat dilihat langsung di lapangan. Bentuk dan pola suatu formasi batuan dapat dipelajari secara tidak langsung dengan metode geofisika seismik, log mekanik, dan inti pemboran. Studi mikrofases didasarkan pada sayatan pipih batuan dengan mengelompokkan fasies atau lingkungan pengendapan batuan berdasarkan kesamaan aspek batuan (Flugel, 2004), yang meliputi tekstur, kandungan material penyusun batuan, dan ragam fosil.

1. KRITERIA MIKROFASIES

Kriteria pembagian mikrofases didasarkan kepada kenampakan secara langsung, baik secara sederhana, tanpa-atau dengan hitungan (semi-kuantitatif), maupun kemudahan untuk identifikasi penciri tersebut. Konsep standar mikrofases (SMF) adalah mengelompokkan pola-pola kesamaan tekstur dan komposisi batuan dalam kaitannya dengan perbedaan lingkungan pengendapan batuan. Pada mulanya, studi mikrofases telah dilakukan untuk batugamping yang berumur Trias dengan menggabungkan kriteria tekstur dan paleontologi (Flugel, 1972). Selanjutnya, Wilson (1975) membuat pembagian zona fasis secara lebih tegas berdasarkan kenampakan batugamping dari beragam umur.

Beberapa kriteria utama yang digunakan untuk pembagian mikrofases meliputi 1) tipe butiran, kelimpahan butiran, dan asosiasi butiran; 2) tipe matriks, apakah mikrit atau kalsisiltit; 3) kemas atau tekstur pengendapan, seperti perarian, berlapis susun, struktur bukaan, galian organisme, perombakan dan pengendapan kembali; 4) dominasi dan asosiasi fosil dan konsentrasi kerangka, seperti organisme planktonik, pengawetan fosil, dan sampul mikrit; dan 5) jenis tekstur pengendapan dalam kaitannya dengan penamaan batuan (Dunham, 1962 dan perubahannya oleh Embry & Klovan, 1971).

Beberapa standar mikrofases dapat ditentukan dengan mudah, yaitu dengan identifikasi keberadaan dan kelimpahan butiran karbonat. Sebagai contoh, batugamping dengan komponen dikuasai oleh agregat butiran mencirikan mikrofases tertentu. Batugamping dengan dominasi ooid, peloid, dan foraminifera bentonik, mencirikan tiga mikrofases yang berbeda. Di lain pihak, batugamping dengan dominasi satu komponen (seperti oncoid) dapat terendapkan di mikrofases yang berbeda. Penentu mikrofases batugamping seperti ini tentunya didasarkan kriteria yang lain, seperti teksur dan struktur batuan. Penentuan mikrofases yang lain didasarkan kepada kelompok ekologi fosil, seperti foraminifera planktonik dan fosil pembangun terumbu (Flugel, 1982). Penentuan mikrofases yang lain didasarkan kepada kemas khusus, seperti perarian dan fenestral, atau digabungkan dengan kenampakan pengendapan dan diagenesis batuan.

2. PEMBAGIAN MIKROFASIES

Tercatat ada dua puluh enam tipe standar mikrofases yang akan diulas di bawah ini, yang diambil dari Flugel (1982, 2004). Sebagai catatan, mikrofases ini dibuat dengan acuan utamanya adalah model pengendapan paparan karbonat terbatas menurut Wilson (1975).

SMF-1: *packstone* atau *wackestone* spikulit sering dengan matriks kalsisilit. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya batugamping (*packstone* atau *wackestone*) berlapis, umumnya kaya organik dan argilitan, mengandung cukup banyak sponge-spkule silikaan yang sering terarah. Pengarahan spikule dan perarian lempung diakibatkan oleh mekanisme pengendapan material sangat halus. Fosil pelagis, seperti radiolaria, kadang-kadang juga hadir dengan keadaan termampatkan atau tersebar langka akibat proses galian organisme. Mikrofasies ini hadir di lingkungan cekungan laut dalam dengan pengendapan lambat pada umur Paleozoik dan Mesozoik di cekungan karbonat (FZ-1) dan dangkalan karbonat dalam (FZ-2), yang seimbang dengan landaian luar dan landaian tengah. SMF-1 dengan galian organisme dengan litologi batugamping *wackestone* sangat halus dengan fosil campuran antara bentonik dan planktonik.

SMF-2: kalsisilit mikrobioklastika peloid. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya *grainstone* hingga *packstone* berbutir halus yang mengandung peloid dan bioklas/lithoklas, berlapis tipis hingga sedang. Komponen butiran tersebut berupa campuran antara longSORan ongkokan dan perombakan kembali. Bioklas yang sering hadir, antara lain echinodermata dan moluska. Struktur sedimen gelembur arus bersilang dan perarian hadir dengan ukuran milimeter. Mikrofasies ini hadir di cekungan dalam (FZ-1), dangkalan laut terbuka (FZ-2), dan dasar dangkalan dalam (FZ-3), yang seimbang dengan kedudukan landaian luar.

SMF-3: *mudstone* dan *wackstone* pelagis dengan mikrofosil planktonik. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya matriks lumpuran dengan beragam fosil seperti foraminifera, radiolaria, kalpionelid, tentakulit, dan fosil nano, seperti kokolit dan nanokonid. Mikrofasies ini hadir di cekungan dalam (FZ-1) dan dasar dangkalan dalam (FZ-3).

SMF-4: *packstone* atau *rudstone* bioklastika-lithoklastika, mikrobreksi. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya breksi batugamping berbutir halus sebagai hasil pengendapan debrit dan turbidit dengan beragam sumber dan sering berkembang dengan struktur berlapis susun. Pada umumnya, butiran telah licin dan membulat, terdiri atas rombakan bioklas dan lithoklas tersemen yang berasal dari laut dangkal. Beberapa butiran asal darat masih hadir seperti kuarsa, rijang, dan ekstraklas. Mikrofasies ini hadir sebagai rombakan lereng depan di cekungan dalam (FZ-1) dan dasar dangkalan dalam (FZ-3).

SMF-5: *grainstone*, *rudstone*, *packstone*, dan *floatstone* atau breksi alokton bioklastika. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya batuan berkandungan fosil utuh dan pecah yang padat dan mampat, berasal dari rombakan organisme terumbu. Bioklas terendapkan dengan arus kacau, seperti pada endapan turbidit.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Mikrofasies ini terbentuk di lingkungan sayap terumbu, lerengan (FZ-4), dan wilayah sekitar terumbu. Batuan terendapkan di wilayah terumbu depan dan lereng terumbu, atau di lingkungan terumbu belakang dan di laguna, yang seimbang dengan landaian dalam.

SMF-6: *rudstone* terumbu padat dan mampat. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya batuan berbutir berangkal yang terdiri atas material biogenik dan endapan gamping terbatukan yang berasal dari bagian sayap dan atas terumbu, terendapkan dengan energi tinggi dan kadang-kadang rendah, dengan mekanisme pengendapan jatuhnya batuan dan aliran massa. Batuan yang terendapkan berukuran butiran mencapai sepuluh sentimeter, jarang berkomponen matriks, terpilah buruk (endapan aliran pelongsoran) hingga buruk (endapan turbidit). Mikrofasies ini hadir di lingkungan lerengan (FZ-4), sering berdekatan dan berasosiasi dengan kompleks terumbu di tepi paparan atau di wilayah lereng depan.

SMF-7: *boundstone* organik. Di dalam pengelompokan standar mikrofasies, beberapa jenis batugamping terumbu digabung menjadi satu, yaitu *boundstone* yang dicirikan dengan adanya organisme *in situ* sebagai pembangun terumbu. Meskipun demikian, tipe batugamping terumbu telah terbagi menjadi tiga, yaitu *framestone*, *bafflestone*, dan *bindstone*. Batugamping terumbu sangat spesifik dan di dalam pembahasannya memerlukan metode khusus.

SMF-8: *wackestone* dan *floatstone* berfosil infauna dan epifauna yang utuh dan terawetkan baik. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya sejumlah besar organisme sesil yang berakar di dalam mikrit dan beberapa organisme bergerak. Mikrit hadir cukup banyak, sering kali berupa rombakan kerangka kecil hingga butiran sangat halus yang diikuti oleh struktur galian organisme yang cukup banyak. Kebanyakan fosil terawetkan dengan baik, tetapi beberapa kepingan terpisah masih mungkin hadir. Organisme yang sering hadir adalah moluska, sponge, koral, dan beberapa jenis ganggang. Mikrofasies ini hadir di lingkungan dangkalan laguna dengan sirkulasi air, dengan energi rendah di bawah dasar gelombang (FZ-2 dan FZ-7), yang sesuai dengan landaian tengah dan landaian luar. Sedimen terbentuk di lingkungan air tenang, di bawah dasar gelombang normal.

SMF-9: *wackestone* bioklastika dengan galian organisme. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya mikrit dengan sejumlah fosil pecah yang bercampur aduk akibat penggalan organisme. Bioklas tersebut sering kali termikritkan, mengandung fosil Paleozoik (seperti krinoid, brachiopoda, bryozoa, dan koral rugosa) dan fosil Mesozoik hingga Neogen (seperti bivalvia, gastropoda, echinodermata). Mikrofasies ini hadir di lingkungan laguna dangkal dengan sirkulasi air terbuka

di bawah dasar gelombang normal (FZ-7) dan dangkalan dalam (FZ-2) yang sesuai dengan landaian tengah dan landaian dalam.

SMF-10: *packstone* dan *grainstone* bioklastika dengan butiran terlapisi dan terabrasi. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya bioklas yang terselimuti dan licin di dalam matriks berbutir halus. Tipe mikrofasies ini menunjukkan tekstur inversi, butiran terangkut dari wilayah berenergi tinggi menuju ke lingkungan berenergi rendah. Mikrofasies ini hadir di lingkungan laguna dangkal dengan sirkulasi air terbuka di bawah dasar gelombang normal (FZ-7) dan dangkalan dalam (FZ-2) yang sesuai dengan landaian tengah dan landaian dalam.

SMF-11: *grainstone* bioklastika terlapisi dengan semen sparit. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya butiran yang dikuasai oleh bioklas terselimuti, membentuk sampul mikrit atau semua butiran telah termikritkan. Endapan terbentuk pada air dengan kegaraman normal, dengan kegiatan gelombang yang tetap, berada di dalam kisaran atau di atas gelombang, atau di antara dasar gelombang normal dan dasar gelombang badai. Penyelimutan butiran akibat pemikritan oleh mikroba, pada awalnya, berlangsung di lingkungan laut sangat dangkal. Mikrofasies ini hadir di lingkungan baji pasir paparan tertampi (FZ-6) dan di lingkungan terumbu (FZ-5).

SMF-12: batugamping dengan konsentrasi cangkang. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya *rudstone* atau *grainstone* bioklastika atau *floatstone* padat dan mampat dengan akumulasi satu jenis biota saja, seperti bivalvia, gastropoda, brachiopoda, atau krinoid. Pembagian mikrofasies selanjutnya adalah SMF-12S apabila berupa kokuina berkeandungan cangkang tak tertentu, SMF-12Bs apabila berupa kokuina dengan cangkang bivalvia, SMF-12Br apabila dengan brachiopoda, SMF-12Ga apabila dengan gastropoda, dan SMF-12Cr apabila dengan krinoid (echinodermata). Batuan dengan konsentrasi cangkang tersebut terendapkan di lingkungan yang beragam dari pantai hingga laut dalam. Lapisan dengan cangkang bivalvia dapat terbentuk di paparan terbatas dan dataran pasang-surut (FZ-8), paparan terbuka (FZ-7), lingkungan terumbu dan lerengan (FZ-5 dan FZ-4), serta dasar lerengan hingga cekungan laut dalam (FZ-3, FZ-2 dan FZ-1). Konsentrasi cangkang ini pada umumnya dijumpai di wilayah landaian tengah.

SMF-13: *rudstone* dan *grainstone* oncooid. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya oncooid berukuran milimeter hingga sentimeter, dikuasai oleh oncooid sianoid dan porostromat, kadang juga mengandung ooid dan bioklas berbutir halus. Batuannya terdukung butiran yang kadang-kadang dengan ukuran modal-dua. Sebagai catatan, *floatstone* oncooid tidak termasuk dalam mikrofasies ini. Batugamping oncooid purba terendapkan di beragam lingkungan, baik dengan

energi tinggi maupun dengan energi rendah. *Rudstone* dan *grainstone* oncooid sering hadir di lingkungan pasir paparan tertampi laut terbuka (FZ-6), dangkalan laguna dengan sirkulasi air terbuka (FZ-7), lingkungan pertumbuhan terumbu setempat, dan wilayah terumbu belakang di belakang kompleks terumbu besar. Di wilayah landaian, batuan oncooid terdukung butiran pada umumnya berasal dari lingkungan landaian dalam laut dangkal.

SMF-14: endapan saluran. Penciri mikrofases ini adalah hadirnya batugamping endapan saluran pada fase penurunan pertumbuhan atau berhentinya pengendapan umum batugamping. Mikrofases ini hadir di seluruh lingkungan pengendapan batugamping yang ada.

SMF-15: batugamping oolit (umumnya *grainstone* oolit dan jarang *wackestone* oolit). Penciri mikrofases ini adalah hadirnya akumulasi pasir gamping dengan kandungan oolit dominan di wilayah laut pada paparan, gundukan, dan dangkalan, juga termasuk di wilayah landaian dalam dan landaian tengah. Pada umumnya, batugamping kaya-oolit berasal dari paparan tertampi (FZ-6). Oolit melingkar dengan perarian umumnya terendapkan di lingkungan berenergi tinggi di gisik oolit, onggokan pasang-surut dan pantai (FZ-6 dan FZ-7, yang setara dengan landaian tengah dan landaian luar). Oolit menyebar biasanya terendapkan di lingkungan energi rendah, sering di lingkungan tepi laut hingga danau. Kebanyakan oolit juga hadir di lingkungan paparan terbatas (laguna, kubangan laguna, FZ-8). Oolit mikritan dengan pertumbuhan kristal acak, dicirikan dengan penurunan pengendapan yang tumbuh membentuk pola cetakan biota (FZ-8 dan FZ-9B). Pembagian mikrofases ini meliputi SMF-15C apabila berstruktur melingkar, SMF-15R apabila berstruktur menyebar, dan SMF-15M apabila terdukung mikrit.

SMF-16: *grainstone* dan *packstone* peloid pejal dan *bindstone* peloid berstruktur perarian. Penciri mikrofases ini adalah hadirnya batugamping kaya-peloid, terdukung butiran, berukuran sangat halus, dan berbentuk meruncing tanggung hingga membundar tanggung. SMF-16N apabila batuan pejal dengan ukuran peloid seragam dan biota foraminifera bentonik, ostrakoda dan kalsifer. SMF-16L apabila batuan berstruktur perarian dengan peloid berbeda ukuran, membentuk *packstone* berbutir halus (pelmikrit) atau *grainstone* (pelsparit). Penciri yang lain adalah hadirnya mikrit berstruktur perarian bergelombang. Pada umumnya, mikrofases ini hadir di lingkungan paparan dangkal dengan sirkulasi air terbatas hingga sedang (FZ-8) yang setara dengan landaian dalam dan kadang-kadang juga hadir di lingkungan paparan penguapan (FZ-9A).

SMF-17: *grainstone* dengan agregat butiran (batuanggur). Penciri mikrofases ini adalah hadirnya *grainstone* hingga *grainstone-rudstone* yang mengandung agregat

butiran (gumpalan dan batuanggur) arenitan hingga ruditan, sering berasosiasi dengan peloid, dan beberapa butiran kerangka terselimuti dan termikritkan. Fosil hadir sangat jarang, kecuali sedikit foraminifera dan ganggang. Batuan ini hadir di model paparan (sangat langka merupakan penyusun landaian), yaitu paparan terbuka dan paparan terbatas (FZ-7 dan FZ-8). Batuan seperti ini juga hadir di paparan terpisah, seperti halnya di paparan terpotong.

SMF-18: *grainstone* dan *packstone* bioklastika dengan sejumlah besar foraminifera bentonik dan ganggang hijau. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya sejumlah besar foraminifera bentonik dan ganggang hijau, beberapa peloid, kortoid, dan butiran beragam, dengan keragaman spesies rendah hingga sedang. Dominasi biota tertentu menjadikan mikrofasies ini dapat dibagi menjadi SMF-18F apabila kaya foraminifera, SMF-18D apabila kaya ganggang dasikladasean, SMF-18U apabila kaya ganggang hijau udoteasean, SMF-18G apabila kaya ganggang gimnokodiasean. Endapan mikrofasies ini hadir di lingkungan saluran dan ongkongan, tumpukan pasir akibat arus pasang-surut di lingkungan teluk dan laguna dangkal (paparan terbatas; FZ-8), serta di dangkalan laguna dengan sirkulasi air terbuka (FZ-7). Pasir gamping foraminifera juga terbentuk di lingkungan belakang terumbu dan dataran terumbu. SMF-18 ini setara dengan lingkungan landaian dalam.

SMF-19: *bindstone* yang mampat berstruktur perarian. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya *bindstone* dengan kemas perarian dengan ketebalan beberapa milimeter dan dengan perbedaan komponen. Pada umumnya, perarian yang lebih tipis berkomponen mikrit, sedangkan perarian yang lebih tebal biasanya berkomponen peloid berbutir sangat halus yang diikat oleh sparit. Fosil hadir sangat jarang, kecuali ostrakoda, foraminifera, gastropoda, dan ganggang. Sebagian besar mikrofasies ini hadir di lingkungan paparan dalam dekat pantai (FZ-8 dan FZ-9), dataran pasang-surut yang berdampingan dengan paparan terpisah dan landaian dalam.

SMF-20: *mudstone/bindstone* stromatolitik berstruktur perarian. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya *bindstone* dengan dengan pola perarian datar hingga mirip kubah, dengan komposisi butiran halus hingga kasar dan kadang-kadang dengan pola pertumbuhan bakteri atau ganggang. Mikrofasies ini sering sekali hadir di lingkungan pasang-surut tengah, tetapi juga hadir di lingkungan pasang-surut atas dan pasang-surut bawah, paparan terbuka (pasang-surut bawah; FZ-7), zona pasang-surut pada laguna terbatas (FZ-8), dan laguna penguapan (FZ-9A; pasang-surut atas).

SMF-21: *bindstone* dan *packstone* berstruktur fenestral; awalnya didefinisikan sebagai *mudstone* spongiostrom dengan tumpukan ganggang. Penciri mikrofases ini adalah hadirnya struktur fenestral (SMF-21F), yang mencirikan FZ-8 dan FZ-9A, serta hadirnya struktur ganggang porostromat (SMF-21P). Mikrofases ini dicirikan dengan hadirnya *bindstone* dengan beragam ukuran rongga fenestral, termasuk bangunan organik. Struktur fenestral yang lebih halus dikenal sebagai struktur mata burung, sedangkan struktur fenestral yang lebih kasar dikenal sebagai bentuk stromataktoid. Mikrofases ini hadir di lingkungan pasang-surut atas dan tengah (laguna terbatas; FZ-8) dan laguna penguapan (FZ-9A).

SMF-22: *wackestone* atau *floatstone* oncoid. Penciri mikrofases ini adalah hadirnya oncoid terselimuti berukuran milimeter hingga sentimeter, mengandung butiran sedimen (seperti butiran kerangka tipis dan butiran asal darat) yang terjebak dan diikat bersama-sama oleh mikroba dan ganggang. Mikrofases ini hadir di lingkungan laguna dangkal dan zona pasang-surut berenergi rendah (FZ-8), juga hadir di bagian tepi kubangan air payau.

SMF-23: mikrit dan mikrosparit homogen pejal tanpa fosil. Penciri mikrofases ini adalah hadirnya *mudstone* atau dolomikrit berbutir sangat halus tanpa fosil, dan kadang-kadang dengan mineral asal darat. Mikrofases ini hadir di lingkungan dataran pasang-surut (FZ-8) dan gisik penguapan kering (FZ-9A), dengan lingkungan sangat asin dan pengaruh penguapan dominan, seperti pada kubangan pasang-surut. Sebagai catatan, mikrit tanpa fosil juga dapat dijumpai di lingkungan cekungan laut dalam (FZ-1B).

SMF-24: *floatstone*, *rudstone*, dan breksi lithoklastika. Penciri mikrofases ini adalah hadirnya batugamping berkomponen lithoklas berukuran sangat kasar (hingga beberapa sentimeter) dan berbentuk meruncing. Klastika mikrit berbentuk lonjong sering kali hadir dengan pola pengarahannya hingga berstruktur silang-siur yang membentuk breksi intraformasi. Mikrofases ini sering hadir di lingkungan paparan interior atau paparan terbatas (FZ-8) sebagai endapan saluran di saluran pasang-surut dan atau di dataran pasang-surut.

SMF-25: *mudstone* penguapan berstruktur perarian. Penciri mikrofases ini adalah hadirnya batugamping-dolomit berkrystal sangat halus yang terpengaruh mikroba akibat diagenesis yang berselingan dengan kristal akibat penguapan (seperti gipsum). Mikrofases ini hadir di lingkungan pasang-surut tengah bagian atas hingga pasang-surut atas zona sabka (FZ-9A), dataran pantai kering hingga setengah kering dan cekungan danau penguapan.

SMF-26: *rudstone*, *packstone*, dan batusemen pisoid. Penciri mikrofasies ini adalah hadirnya pengonggokan pisoid, baik autokton maupun alokton, dengan bentuk dan ukuran kepingan sangat beragam, dan pada umumnya diikat oleh semen dari lingkungan meteorik. Pada umumnya, bagian tengah atau inti pisoid tersebut adalah kepingan pisoid atau kerak semen yang merupakan hasil proses perombakan dan pengendapan kembali material tersebut. Fosil sangat langka. Mikrofasies ini dijumpai sebagai endapan darat (terrestrial; FZ-10), baik di atas maupun di bawah muka air tanah.

3. PENGGUNAAN MIKROFASIES

Setelah pembagian standar mikrofasies diketahui, standar ini dipakai untuk pedoman penentuan lingkungan pengendapan batugamping pada saat dilakukan pemeriksaan petrografi (Hennebert & Lees, 1991). Standar mikrofasies ini sangat berguna untuk penentuan lingkungan pengendapan batugamping. Namun, pengamatan secara menyeluruh tentang batugamping perlu dilakukan, yang meliputi a) pemeriksaan kembali interpretasi mikrofasies dan dibandingkan dengan kenampakan di lapangan seperti lithofasies dan struktur sedimen; b) pengecekan penentuan mikrofasies dengan data paleontologi dan paleoekologi; dan c) mikrofasies batugamping jangan langsung ditentukan tanpa melihat aspek yang lain secara keseluruhan.

Standar mikrofasies terdiri atas endapan autokton dan para-autokton yang diendapkan tidak jauh dari sumber batuan, serta endapan alokton yang telah terangkut dari tempat asal batuan. Endapan autokton terangkum ke dalam SMF-1 dan SMF-3, sedangkan endapan alokton termasuk ke dalam SMF-2 yang merupakan butiran halus dan dengan proses pengendapan kembali. SMF-4, SMF-5 dan SMF-6 merupakan endapan alokton, yang mana SMF-5 dan SMF-6 memberikan petunjuk adanya bangunan terumbu organik (SMF-7). Jenis batugamping berfosil diwakili oleh SMF-8, SMF-9, SMF-10, dan SMF-11 yang berasal dari dangkalan karbonat. Keempat mikrofasies ini sering hadir di dalam SMF-7 dan SMF-2 sehingga pengamatan aspek paleoekologi dan biofasies diperlukan guna penentuan mikrofasies yang lebih pasti. SMF-12 merupakan pengonggokan berbagai cangkang dengan beragam cara sehingga penentuan lingkungan pengendapannya memerlukan pengamatan aspek pola perlapisan, sebaran lateral dan tegak, serta ragam fosil yang dijumpai. SMF-13 dan SMF-22 mempunyai dominasi komponen oncoid yang dapat dipisahkan dengan melihat tipe perarian, pertumbuhan oncoid, dan berhentinya pertumbuhan yang ditandai dengan pengerakan dan pemboran organisme. SMF-14 merupakan mikrofasies

khusus, yaitu endapan saluran dengan karakter butiran yang licin tercuci dan berbentuk membulat. SMF-15 mengandung ooid dominan, SMF-16 mengandung peloid dominan, dan SMF-17 mengandung agregat butiran dominan. SMF-18 dicirikan dengan pengonggokan fosil foraminifera atau ganggang hijau yang sangat dominan. SMF-19, SMF-20, dan kadang-kadang SMF-21 berbutir sangat halus dan berstruktur perarian yang diakibatkan oleh penjebakan dan pengikatan mikroba dan ganggang. SMF-23 merupakan batugamping mikritik atau dolomit tanpa mengandung fosil dengan proses penguapan di lingkungan paparan penguapan, SMF-24 terbentuk di lingkungan pasang-surut akibat badai, sedangkan SMF-25 dan SMF-26 merupakan endapan darat.

Penggunaan standar mikrofases ini dilakukan dengan model pengendapan paparan karbonat terbatas dengan keadaan iklim tropis (Wilson, 1975). Untuk menentukan mikrofases batugamping, ada beberapa tahapan yang dilakukan, yaitu:

- 1) Pisahkan batugamping yang mempunyai jenis batuan *bindstone* atau kemas perarian, breksi batugamping, pengelompokan cangkang dan echinodermata, dan tanda pertumbuhan terumbu autokton (Tabel 6.1). *Bindstone* atau kemas perarian langsung menunjukkan SMF-16L, SMF-19, SMF-20, SMF-21, dan SMF-25. Breksi batugamping berkembang pada SMF-4, SMF-5, SMF-6, dan SMF-24. Adanya konsentrasi cangkang dan echinodermata langsung menunjukkan SMF-12. Batugamping terumbu terbentuk di SMF-7.
- 2) Untuk selanjutnya, pergunakan Tabel 7.1 guna identifikasi mikrofases batugamping yang diperiksa dengan mempertimbangkan jenis dan kelimpahan butiran karbonat. Sebagai catatan, batuan dengan jenis dan kelimpahan butiran karbonat yang sama dapat mempunyai lingkungan pengendapan yang berbeda.
- 3) Bandingkan kenampakan mikrofases yang terpilih dengan gambar standar mikrofases, dengan melihat kenampakannya di bawah mikroskop polarisasi meskipun hal ini bukan merupakan acuan utama di dalam penentuan mikrofases.
- 4) Periksa kembali tentang penentuan mikrofases dalam kaitannya dengan zona fases (Gambar 6.6) dan tentukan secara pasti bahwa sampel batuan masuk ke dalam salah satu sabuk fases yang ada.
- 5) Sekiranya dijumpai kasus bahwa sampel terperiksa tidak memenuhi syarat yang ada di dalam pembagian standar mikrofases, kemungkinan ini dapat disebabkan oleh a) tekstur dan komposisi batugamping bukan merupakan

tekstur autokton, tetapi merupakan rombakan dari tempat lain, seperti adanya pengonggokan oolit (SMF-15), atau konsentrasi cangkang tertentu (SMF-12); b) adanya percampuran butiran, butiran terselimuti, peloid, dan intraklas akan menimbulkan kesulitan tersendiri, seperti pada SMF-8, SMF-9, SMF-10, dan SMF-11 yang masing-masing mempunyai kemiripan karakter dan harus diidentifikasi jenis dan kelimpahan butirannya.

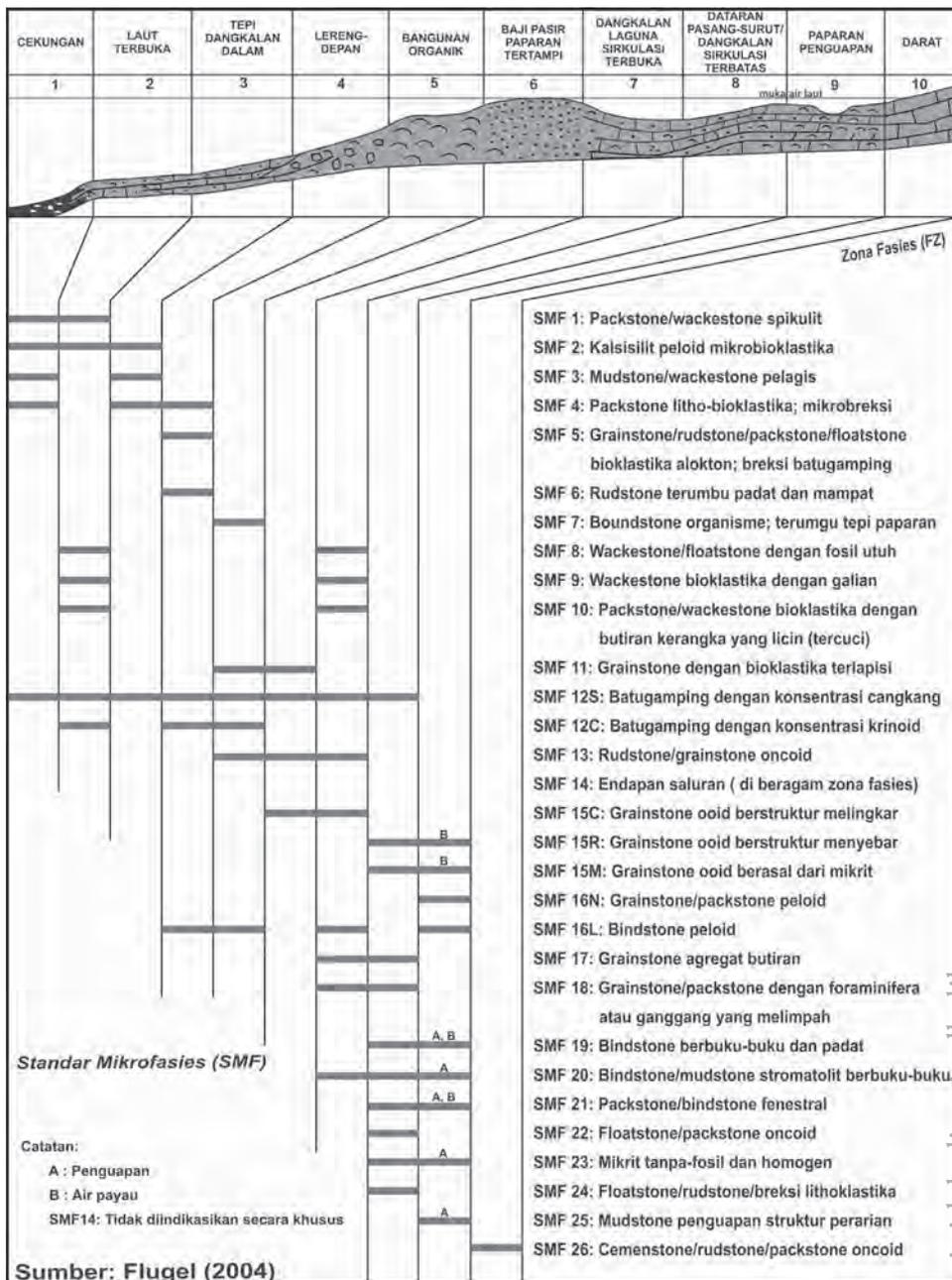
- 6) Pada akhirnya, penentuan model pengendapan kadang-kadang tidak sesuai dengan model pengendapan paparan karbonat terbatas karena keadaan geologi regionalnya menunjukkan model pengendapan yang berbeda, seperti model pengendapan landaian karbonat.

Tabel 6.1 Petunjuk untuk Penentuan Tipe Standar Mikrofases

Mudstone	Kalsisilit	Wackestone	Floatstone	Packstone	Grainstone	Rudstone	Boundstone
3 banyak fosil planktonik	2 grainstone/packstone mikro-bioklastika peloid berbutir halus	1 sponge-spicules sering matriks kalsisilit	5 fosil utuh dan kepingan fosil yang mampat dan padat, sering dari terumbu	1 sponge-spicules sering matriks kalsisilit	5 fosil utuh dan kepingan fosil yang mampat dan padat, sering dari terumbu	4 mikrobreksi bioklas-lithoklas ukuran kecil	7 dengan organisme insitu membentuk struktur pengikatan dan penjabakan
23 mikrit / mikrosparit tanpa fosil		3 banyak fosil planktonik		4 mikrobreksi bioklas-lithoklas ukuran kecil		11 banyak butiran kerangka terselimuti	
		8 fosil utuh, matriks mikrit bioklastika halus	22 gumpalan oncoid ukuran mm hingga cm	5 fosil utuh dan kepingan fosil yang mampat dan padat, sering dari terumbu	13 oncoid struktur tabung ukuran mm-cm	6 bioklas dan fosil, berasal dari terumbu ukuran mm-cm	
		9 banyak kepingan fosil, bioturbasi		10 butiran kerangka licin dan terabrasi		15C ooid dengan struktur melingkar	
		10 butiran kerangka licin dan terabrasi	24 lithoklas ukuran mm-cm	16 peloid ukuran halus, seragam dan tanpa perarian	15C ooid dengan struktur menyebar hingga melingkar	24 lithoklas ukuran mm-cm	
		15M dengan ooid mikritan		18 batuan banyak mengandung fosil foram bentonik dan ganggang		16 peloid ukuran halus, seragam dan tanpa perarian	
		22 gumpalan oncoid ukuran mm hingga cm		21 bangunan mikrit/pelmikrit dengan isian rongga oleh sparit	17 banyak agregat butiran		
				26 pisoid		18 batuan banyak mengandung fosil foram bentonik dan ganggang	

Sumber: Flugel (1982, 2004)

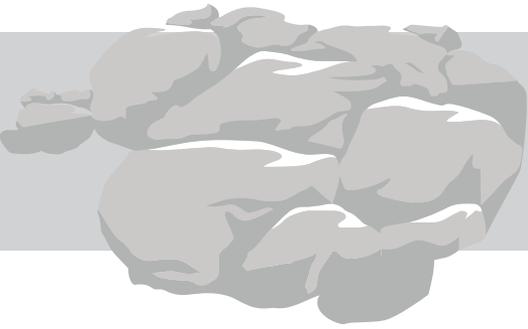
Buku ini tidak diperjualbelikan.



Gambar 6.6 Penyebaran Standar Mikrofases (Flugel, 2004) yang Dikaitkan dengan Zona Fasies (Wilson, 1975), dengan Model Paparan Karbonat Terbatas

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



CONTOH MIKROFASIES BATUGAMPING

Penelitian mikrofases batugamping Paleogen-Neogen di wilayah Indonesia bagian barat telah dilakukan penulis di beberapa lokasi terpilih. Penelitian mikrofases ini dimulai pada tahun 2004 hingga sekarang. Beberapa satuan batuan yang berumur Paleogen-Neogen akan dibahas di bawah ini meliputi Formasi Baturaja di Sumatra Selatan, Formasi Rajamandala di Jawa Barat, Formasi Jonggrangan di Yogyakarta, Formasi Sentolo di Yogyakarta, Formasi Wonosari di Jawa Timur, dan Formasi Berai di Kalimantan Selatan.

A. FORMASI BATURAJA DI SUMATRA SELATAN

1. GAMBARAN UMUM

Pencarian hidrokarbon pada batugamping, khususnya terumbu, meningkat pesat sejak tahun 1970-an. Cadangan hidrokarbon pada batugamping cukup diperhitungkan, termasuk batugamping yang berada di daerah Sumatra (Scrutton, 1976). Studi batugamping sangat penting, khususnya terumbu, terutama menyangkut aspek lingkungan pengendapan, paleontologi, paleoekologi, geologi (regional) dalam upaya pencarian hidrokarbon (Longman, 1981).

Pusat Survei Geologi, dahulu Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, melalui Proyek Penelitian Geologi Sumber Daya Energi dan Mineral pada Tahun Anggaran 2004, mengadakan penelitian stratigrafi dan sedimentologi batugamping di Subcekungan Palembang (Limbong dkk., 2004). Batugamping Neogen di Subcekungan Palembang, atau lebih dikenal dengan Formasi Baturaja tersebar cukup banyak di daerah sekitar Baturaja dengan kedudukan singkapan yang terpisah-pisah karena terlipat dan tersesarkan. Di daerah antara Kota Baturaja hingga Kota Muaradua, satuan batuan ini juga tersingkap bersama-sama dengan satuan batuan sedimen Neogen lainnya. Pencapaian dari Baturaja ke lokasi penelitian, yang dibuat lintasan stratigrafi terukur, dapat dilakukan dengan

kendaraan roda empat, dilanjutkan dengan jalan kaki menyusuri sungai untuk mendapatkan singkapan yang terbaik.

Penelitian mikrofases batugamping ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan fasies pengendapan batugamping penyusun Formasi Baturaja di lintasan penelitian secara vertikal. Di sisi lain, penelitian tentang diagenesis batugamping bertujuan untuk mengetahui karakter petrografi batugamping penyusun Formasi Baturaja di lintasan penelitian terpilih dalam kaitannya dengan segala proses geologi yang terjadi setelah batuan diendapkan. Objek penelitian dibatasi hanya pada batugamping penyusun Formasi Baturaja yang tersingkap di lintasan-lintasan Air Napalan, Air Kiti, Air Rambangnia, Air Saka, dan Air Malau, Provinsi Sumatra Selatan. Lintasan penelitian tersebut dipilih karena batugamping penyusun Formasi Baturaja tersingkap cukup baik (Limbong dkk., 2004).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pekerjaan lapangan dan analisis laboratorium. Pekerjaan di lapangan dilakukan dengan pengumpulan data geologi, khususnya data petrologi batugamping Formasi Baturaja yang tersingkap di lintasan penelitian, Sumatra Selatan. Sampel batuan dipilih secara berurutan sesuai dengan runtunan stratigrafi yang dijumpai dan sampel diusahakan berkeadaan cukup segar. Analisis laboratorium yang dilakukan adalah pengujian petrografi batugamping dengan penentuan jumlah dan jenis komponen batugamping guna penamaan batuan, kemudian diikuti dengan identifikasi mikrofases batuan dan kenampakan rekaman proses diagenesis. Aspek petrografi yang penting untuk diidentifikasi meliputi 1) proporsi komponen utama batugamping, seperti butiran karbonat, butiran terigen, matriks, semen, material neomorfisme, dan keporian batuan; 2) identifikasi jenis dan karakter tiap-tiap komponen; 3) tekstur batuan yang meliputi kemas, pemilahan, bentuk butiran, hubungan butiran, dan ukuran butiran. Analisis petrografi dilakukan terhadap sampel batugamping Formasi Baturaja. Batugamping tersebut digolongkan dengan menggunakan klasifikasi menurut Dunham (1962) serta Embry dan Klován (1971), selanjutnya pengelompokan komponen butiran karbonat dibantu dengan klasifikasi komponen batugamping menurut Folk (1962). Pembagian mikrofases batugamping Formasi Baturaja berdasarkan penggolongan standar mikrofases dan zone fasies menurut Flugel (1982, 2004) dan Wilson (1975). Sebagai pembanding, diacu pula dari beberapa penulis yang membahas tentang mikrofases dan lingkungan pengendapan batugamping seperti Andreeva (2008), Harzhauzer dan Piller (2009), Jones dan Desrochers (1992), Kindler dan Hearty (1996), Omana dan Alencaster (2009), Read (1985), Schlager dan Reijmer, (2009), serta Tucker dan Wright (1990).

2. STRATIGRAFI REGIONAL

Wilayah Indonesia bagian barat dicirikan oleh tumbukan antara lempeng Indo-Australia dengan Eurasia (Nugroho & Bachri, 2015), membentuk cekungan *pull-apart* yang menjadi muasal paparan karbonat Neogen di Indonesia. Wilayah paparan karbonat di Indonesia bagian timur telah dimulai sejak Eosen Akhir, sedangkan di wilayah Indonesia bagian barat baru muncul pada Oligosen Akhir (Novak, 2012; Wilson & Rosen, 1998). Formasi Baturaja yang berumur Miosen Awal hingga Miosen Tengah (Koeshidayatullah dkk., 2013; Susilowati & Suyoto, 2009); terdiri atas beberapa fasies pengendapan, yaitu pasang-surut, laguna, landaian, dan terumbu organik. Formasi Baturaja yang tebalnya antara 60–120 m (Bishop, 2000a), terbagi menjadi dua satuan litostratigrafi berdasarkan fasies pengendapan, yaitu fasies batuan sedimen klastika dan fasies batuan karbonat atau batugamping (Bishop, 2000b). Penelitian tentang stratigrafi dan sedimentologi batuan karbonat di Asia Tenggara secara umum, termasuk potensinya sebagai batuan waduk hidrokarbon telah dilakukan oleh beberapa ahli (Gutteridge dkk., 2011; Padmono dkk., 2011; Wilson & Hall, 2010; Yuliandri dkk., 2012). Batugamping penyusun Formasi Baturaja juga dapat berfungsi sebagai batuan waduk hidrokarbon (Wiyanto dkk., 2009) dengan litologi dan fasies pengendapan yang beragam (Maryanto, 2008), umumnya berada di laut dangkal (Setyaningsih dkk., 2015).

Secara regional, Cekungan Sumatra Selatan (Gafoer dkk., 1993; Gambar 7.1), tempat batugamping Formasi Baturaja ditemukan, merupakan Zona Busur Belakang Sumatra (Gambar 7.2), terbentuk akibat pergerakan Lempeng India-Australia yang menunjam Lempeng Eurasia. Cekungan ini berarah baratlaut-tenggara (Coster, 1974), terletak di bagian timurlaut tepian Perisai Sunda, di barat daya dibatasi oleh Pegunungan Barisan, di barat laut berbatasan dengan Pegunungan Tigapuluh, serta di tenggara dibatasi oleh Dataran Tinggi Lampung.

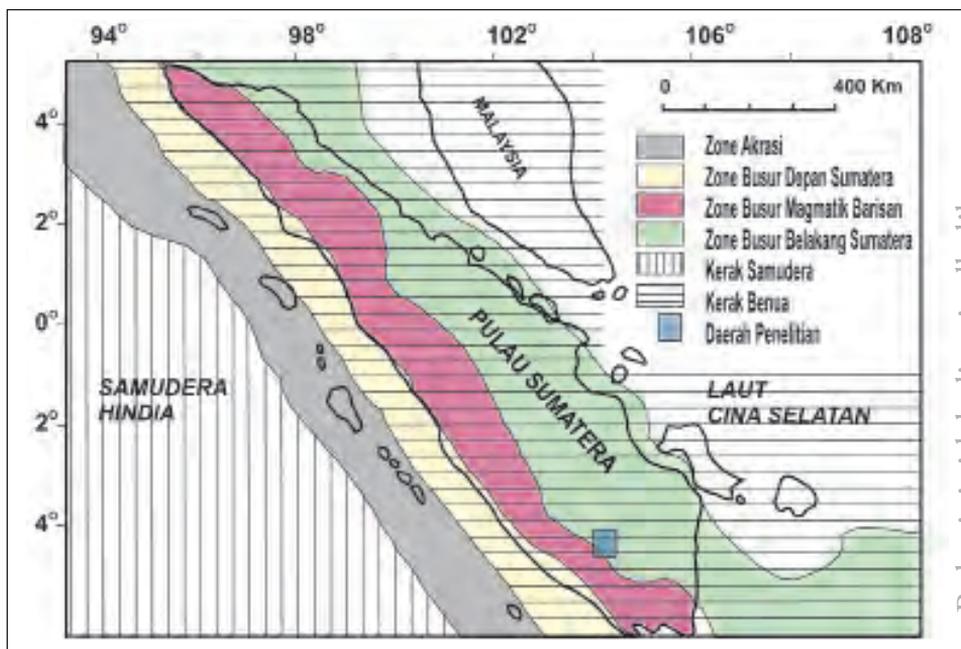
Stratigrafi Cekungan Sumatra Selatan menurut beberapa peneliti terdahulu (lihat Gafoer dkk., 1986, 1993; Gambar 7.3) diawali oleh batuan alas pra-Tersier. Batuan alas pra-Tersier di cekungan ini adalah batuan granit, batuan beku andesit-basal, batuan banchuh, batuan metasedimen, dan batuan malihan derajat rendah.

Secara tak selaras di atas batuan alas pra-Tersier tersebut diendapkan batuan sedimen Neogen (Gafoer dkk., 1993; Gambar 7.4). Runtunan batuan diawali oleh batuan volkaniklastika Eosen-Oligosen Formasi Kikim. Formasi itu ditindih secara tak selaras oleh batuan silisiklastika laut dangkal Formasi Talangakar pada Oligosen Akhir.



Sumber: Gafoer dkk. (1993)

Gambar 7.1 Lokasi Penelitian pada Kedudukan Cekungan Sumatra Selatan di Pulau Sumatra



Sumber: Gafoer dkk. (1993)

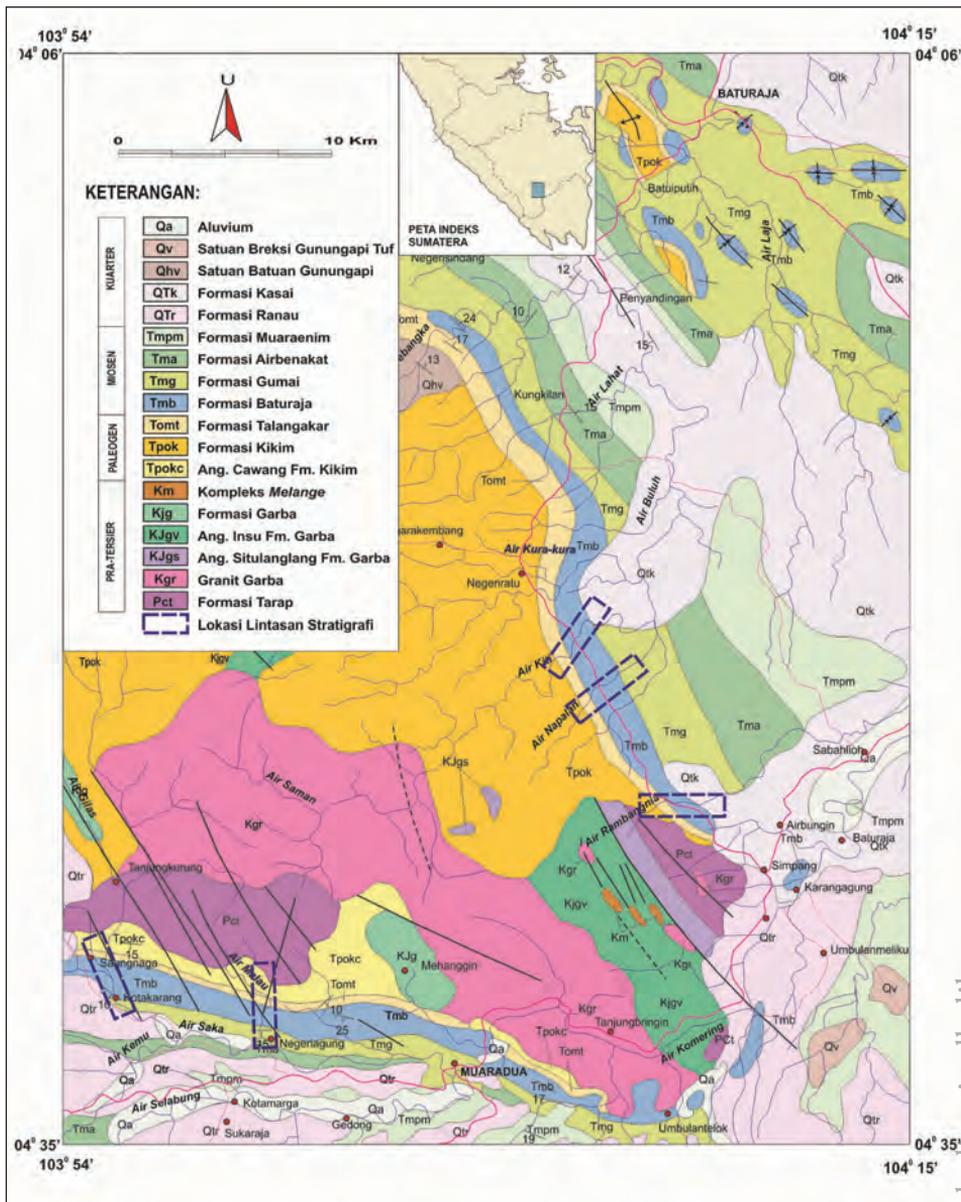
Gambar 7.2 Mendala Geologi Tersier di Sumatra

Buku ini tidak diperjualbelikan.

PENULIS UMUR	MUSPER (1937)		MARKS (1956)		SPRUYT (1956)		DE COSTER (1974)		GAFOER dkk. (1986)		GAFOER dkk. (1993)	
	KENOZOIKUM MIOSEN PLIOSEN PLISTOSEN	Boven Palembanglagen Midden Palembanglagen Onder Palembanglagen	Upper Palembang Member (volcanic facies) Middle Palembang Member (paralic facies) Lower Palembang Member (marine facies)	Kasai tuff formatie Blauwgroene member Bruine member Air Benakat zand en kleifformatie	Upper Palembang Formation Middle Palembang Formation Lower Palembang Formation	Upper Palembang Formation Middle Palembang Formation Lower Palembang Formation	Formasi Kasai Formasi Muaraenim Formasi Airbenakat	Formasi Kasai Formasi Muaraenim Formasi Airbenakat	Upper Palembang Formation Middle Palembang Formation Lower Palembang Formation	Formasi Kasai Formasi Muaraenim Formasi Airbenakat	Formasi Kasai Formasi Muaraenim Formasi Airbenakat	Formasi Kasai Formasi Muaraenim Formasi Airbenakat
AWAL OLIGOSEN EOSEN PALEOSEN KAPUR AKHIR	Telsalagen Batoeradja kalksteen Houthorizont Boven Kikimtuffen Kwartzsandsteen complex Onder Kikimtuffen	Upper Telsisa Member (shale facies) Middle Telsisa Member (limestone facies) Lower Telsisa Member (paralis sands and basal conglomerate)	Gumai schalle formatie Baturadja kalksteen Overgangs member Gritzand member Lahat tuffbreccie formatie	Telsisa Formation Telsisa Formation Telsisa Formation Lahat Formation	Telsisa Limestone Talangakar Formation Benakat Member Granite wash Lahat Formation Kikim tufts and other tufts	Formasi Gumai Formasi Baturaja Formasi Talangakar Formasi Lahat	Formasi Gumai Formasi Baturaja Formasi Talangakar Formasi Lahat	Telsisa Formation Telsisa Limestone Talangakar Formation Benakat Member Granite wash Lahat Formation Kikim tufts and other tufts	Formasi Gumai Formasi Baturaja Formasi Talangakar Formasi Lahat	Formasi Gumai Formasi Baturaja Formasi Talangakar Formasi Lahat	Formasi Gumai Formasi Baturaja Formasi Talangakar Formasi Lahat	Pluton Garba

Gambar 7.3 Stratigrafi Cekungan Sumatra Selatan Menurut Beberapa Penulis Terdahulu

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Gafoer dkk. (1993)

Gambar 7.4 Peta Geologi Daerah Baturaja–Muaradua, Sumatra Selatan, dan Lokasi Lintasan Pengukuran Stratigrafi Rinci

Pada Kala Miosen Awal, Formasi Talangakar tertindih selaras oleh Formasi Baturaja. Formasi Baturaja terdiri atas batugamping terumbu, kalkarenit dengan sisipan serpih gampingan dan napal, tebalnya mencapai 300 m, diendapkan di lingkungan laut dangkal hingga dekat terumbu pada Miosen Awal. Bagian atas

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Formasi Baturaja ini menjemari dengan batuan silisiklastika karbonatan Formasi Gumai yang berumur Miosen Tengah.

Selanjutnya, secara berturut-turut diendapkan batuan silisiklastika halus karbonatan Formasi Airbenakat, batuan silisiklastika Formasi Muaraenim, batuan vulkaniklastika halus Formasi Ranau, batuan silisiklastika dan vulkaniklastika, dan batuan pra-Tersier yang terdiri atas dua satuan batuan, yaitu andesit-basal dan breksi tuf.

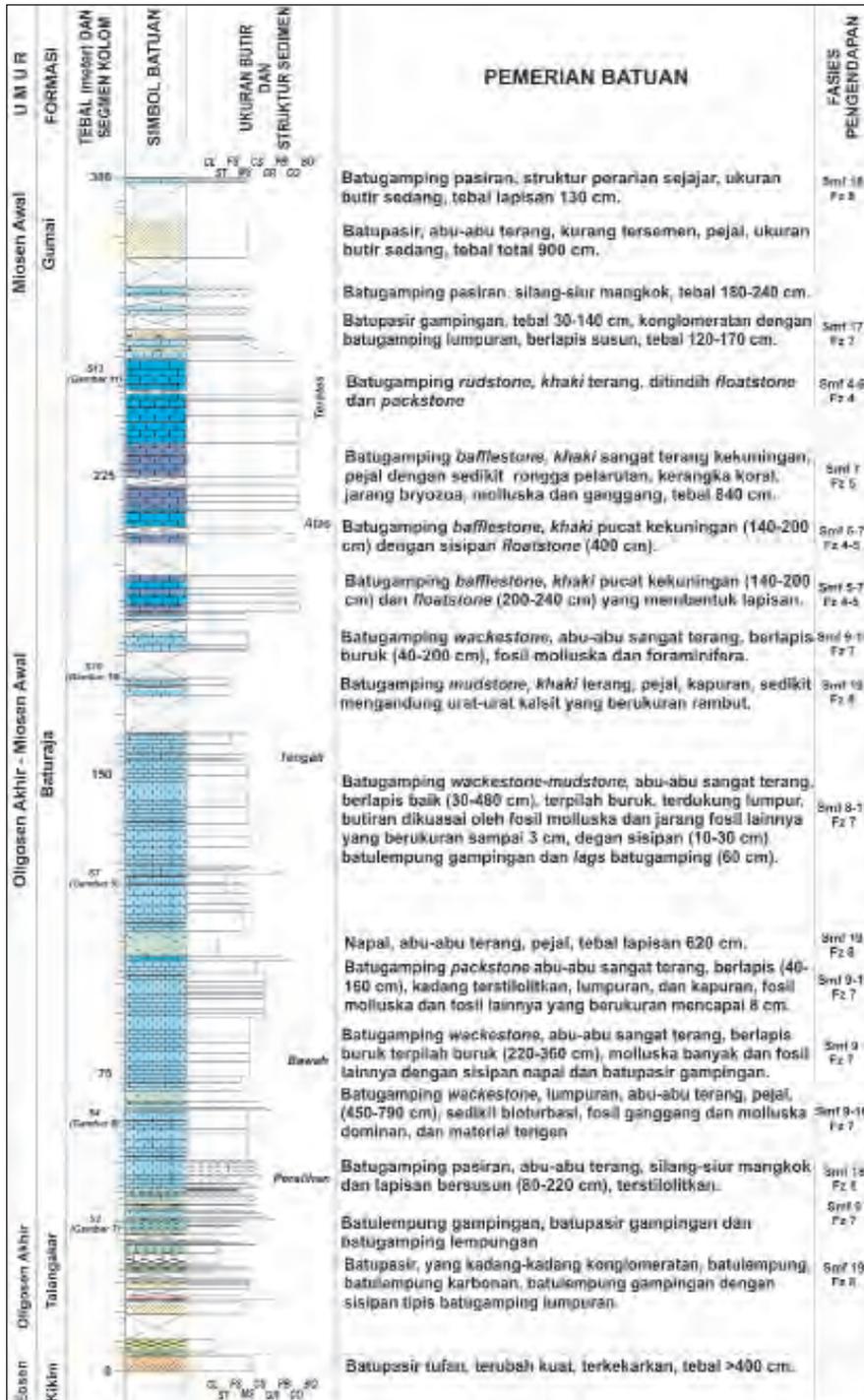
Batugamping Formasi Baturaja dikuasai oleh batugamping bioklastika berlapis yang di tempat lain diendapkan di lingkungan terumbu belakang dan kadang-kadang bergeser hingga sayap terumbu (Maryanto, 2008) serta sedikit bangunan inti terumbu pada kala Miosen Awal (Maryanto, 2005).

3. LINTASAN AIR NAPALAN

a. Runtunan Stratigrafi

Lintasan Air Napalan merupakan lintasan sungai, berlokasi sekitar 8 km di sebelah selatan Kecamatan Lengkiti, dengan titik pengukuran berada di jembatan utama yang ada sungai ini (koordinat GPS-nya $104^{\circ} 07' 06,6''$ Bujur Timur dan $04^{\circ} 21' 54,6''$ Lintang Selatan; Gambar 7.5). Pembuatan lintasan dan kolom stratigrafi rinci di lokasi ini cukup lengkap, dimulai dari batuan pendukung Formasi Kikim pada bagian kontak antarformasi, Formasi Talangakar, Formasi Baturaja yang merupakan objek kegiatan utama penelitian, serta sedikit Formasi Gumai dan Formasi Kasai. Batuan penyusun Formasi Baturaja teramati dengan baik di lintasan ini, mulai dari bagian terbawah hingga bagian teratas. Singkapan batuan di lintasan ini cukup baik, secara umum miring landai (kurang dari 15°) ke arah timur hingga timurlaut, kecuali pada bagian teratas (Formasi Gumai) yang lebih curam karena terpengaruh sesar. Ketebalan terukur batugamping Formasi Baturaja di lintasan ini mencapai 220 m (Gambar 7.6) dan dibuat kolom stratigrafinya secara terperinci.

Bagian terbawah (di barat daya) di lintasan Air Napalan, batumannya adalah batupasir tufan yang merupakan penyusun Formasi Kikim. Secara tak selaras di atas batupasir tufan ini diendapkan batuan penyusun Formasi Talangakar yang terdiri atas batupasir, batulempung, batulumpur, batupasir konglomeratan, konglomerat, batulempung karbonan, dan kadang-kadang batulempung gampingan. Bagian teratas Formasi Talangakar, terdiri atas batulempung yang beberapa karbonan dan mengandung minyak (Gambar 7.7), batulempung gampingan, dan batugamping klastika berbutir sangat halus *mudstone*.



Sumber: Limbong dkk. (2004)

Gambar 7.6 Kolom Stratigrafi Formasi Baturaja dan Formasi Lain yang Teramati di Lintasan Air Napalan, Baturaja, Sumatra Selatan

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2005)

Gambar 7.7 Singkapan batulempung karbonan mengandung minyak, merupakan batuan penyusun bagian teratas Formasi Talangakar. Difoto di Stasiun 08–09 (lihat Gambar 7.5), Lintasan Air Napalan, Baturaja.

Endapan peralihan, yang disebut sebagai bagian terbawah Formasi Baturaja, dikuasai oleh batugamping klastika berbutir sedang (*grainstone-packstone*) pasir berstruktur silang-siur mangkok (Gambar 7.8) dengan sisipan batugamping bioklastika berbutir halus *packstone-mudstone*, batupasir gampingan, dan batulempung gampingan.

Bagian bawah runtunan batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Napalan berupa batugamping bioklastika berbutir halus-sedang *wackestone-packstone* dengan sisipan batupasir gampingan berstruktur silang-siur mangkok, napal pejal, dan batulempung gampingan berstruktur perarian sejajar. Batugampingnya berwarna abu-abu sangat terang, berlapis sedang-tebal (40–450 cm), kadang terstilolitkan membentuk pola lapisan *stylobedded* dan dengan jejak galian organisme terpolat tegak, dan lumpuran. Komponen butiran karbonat dikuasai oleh fosil ganggang dan sedikit moluska yang membentuk pengarah dengan ukuran mencapai 12 cm. Semakin ke atas, fosil moluskanya menjadi lebih banyak. Selain itu, dijumpai pula kepingan fosil beragam lainnya. Di bagian terbawah segmen ini, masih terlihat kepingan material terigen, seperti andesit, metasedimen, tuf, dan batugamping yang berukuran mencapai 4 cm. Di bagian bawah Formasi Baturaja ini, ditemukan konglomerat batugamping berwarna abu-



Sumber: Maryanto (2005)

Gambar 7.8 Singkapan batugamping klastika berbutir sedang *grainstone-packstone* pasiran berstruktur silang-siur mangkok, merupakan batuan penyusun bagian terbawah Formasi Baturaja. Difoto di Stasiun 15 (lihat Gambar 7.5), Lintasan Air Napalan, Baturaja.

abu sangat terang, terpilah buruk, terdukung butiran yang meruncing tanggung hingga membundar tanggung, dikuasai oleh intraklas berukuran sampai 8 cm, dan tebalnya 60–120 cm dengan bidang bawah erosional, sedangkan bagian atasnya ditindih oleh batulempung gampingan yang mengakhiri bagian bawah Formasi Baturaja.

Bagian tengah Formasi Baturaja di Lintasan Air Napalan tersusun oleh batugamping bioklastika berbutir halus *wackestone-mudstone*, membentuk pelapisan sedang-tebal (40–400 cm) dan berlapis buruk (*crudely bedded*; Gambar 7.9), beberapa lapisan terstilolitkan. Batuannya berwarna abu-abu sangat terang hingga khaki terang, kadang kapuran atau lempungan, terpilah buruk, dan terdukung lumpur. Komponen butirannya berupa fosil moluska cukup banyak, selain jarang fosil foraminifera dan fosil beragam lainnya, ukuran mencapai 4 cm, beberapa bagian mengandung urat kalsit vados berukuran rambut dan dengan rongga pelaturan tidak teratur.

Bagian atas Formasi Baturaja di Lintasan Air Napalan terdiri atas batugamping bioklastika berbutir kasar *floatstone-rudstone* dan batugamping nonklastika *bafflestone* yang membentuk rangkaian pelapisan tebal (140–840 cm) dan berlapis



Sumber: Maryanto (2005)

Gambar 7.9 Singkapan batugamping bioklastika berbutir halus *wackestone-mudstone* yang berlapis buruk (*crudely bedded*), merupakan batuan penyusun bagian tengah Formasi Baturaja. Difoto di Stasiun 38–39 (lihat Gambar 7.5), Lintasan Air Napalan, Baturaja.

buruk dengan sisipan batugamping bioklastika berbutir halus *wackestone* (Gambar 7.10 & 7.11). Batugamping *floatstone* hadir cukup banyak di bagian atas ini, sedangkan batugamping *rudstone* hadir terbatas. Kepingan batugamping *floatstone-rudstone* tersebut terdiri atas koral, bryozoa, ganggang, intraklas, dan moluska.

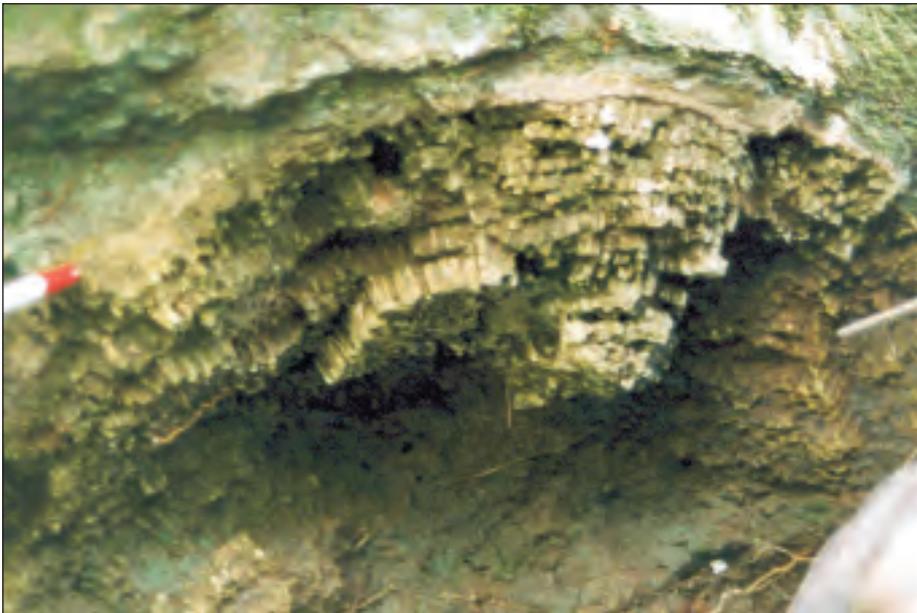
Bagian teratas Formasi Baturaja di Lintasan Air Napalan berupa batugamping klastika berbutir halus-sedang *packstone-grainstone*, berlapis buruk dengan ketebalan mencapai 180 cm. Batumannya berwarna abu-abu terang kekuningan, pejal, terpilah buruk, terdukung butiran yang berbentuk meruncing tanggung, berupa intraklas dan fosil beragam dengan ukuran mencapai 8 cm. Di daerah penelitian, bagian teratas batugamping Formasi Baturaja ini tertindih tak selaras oleh batuan pendukung Formasi Gumai yang berupa batupasir konglomeratan gampingan (Gambar 7.12), batupasir dan batupasir gampingan. Meskipun demikian, beberapa lapisan batugamping *grainstone-packstone* pasiran masih dapat dijumpai.

Selain tertindih oleh batuan sedimen penyusun Formasi Gumai, batugamping Formasi Baturaja juga tertindih tak selaras oleh batuan sedimen penyusun Formasi Kasai. Batugamping *mudstone* Formasi Baturaja tertindih tak selaras oleh



Sumber: Maryanto (2005)

Gambar 7.10 Batugamping klastika berbutir kasar *floatstone* dengan rongga pelarutan dan lapisannya sedikit membintal, merupakan batuan penyusun bagian atas Formasi Baturaja. Difoto di Stasiun 58 (lihat Gambar 7.5), Lintasan Air Napalan, Baturaja.



Sumber: Maryanto (2005)

Gambar 7.11 Kerangka koral pada batugamping nonklastika *bafflestone* yang berfungsi menjebak lumpur karbonat, merupakan batuan penyusun bagian atas Formasi Baturaja. Difoto di Stasiun 58–59 (lihat Gambar 7.5), Lintasan Air Napalan, Baturaja.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2005)

Gambar 7.12 Batupasir konglomeratan dan batupasir gampingan merupakan batuan penyusun bagian terbawah Formasi Gumai yang menindih selaras Formasi Baturaja. Difoto di Stasiun 69 (lihat Gambar 7.5), Lintasan Air Napalan.

konglomerat yang berkembang menjadi batupasir, batulempung karbonan, dan batupasir kembali.

b. Sedimentologi

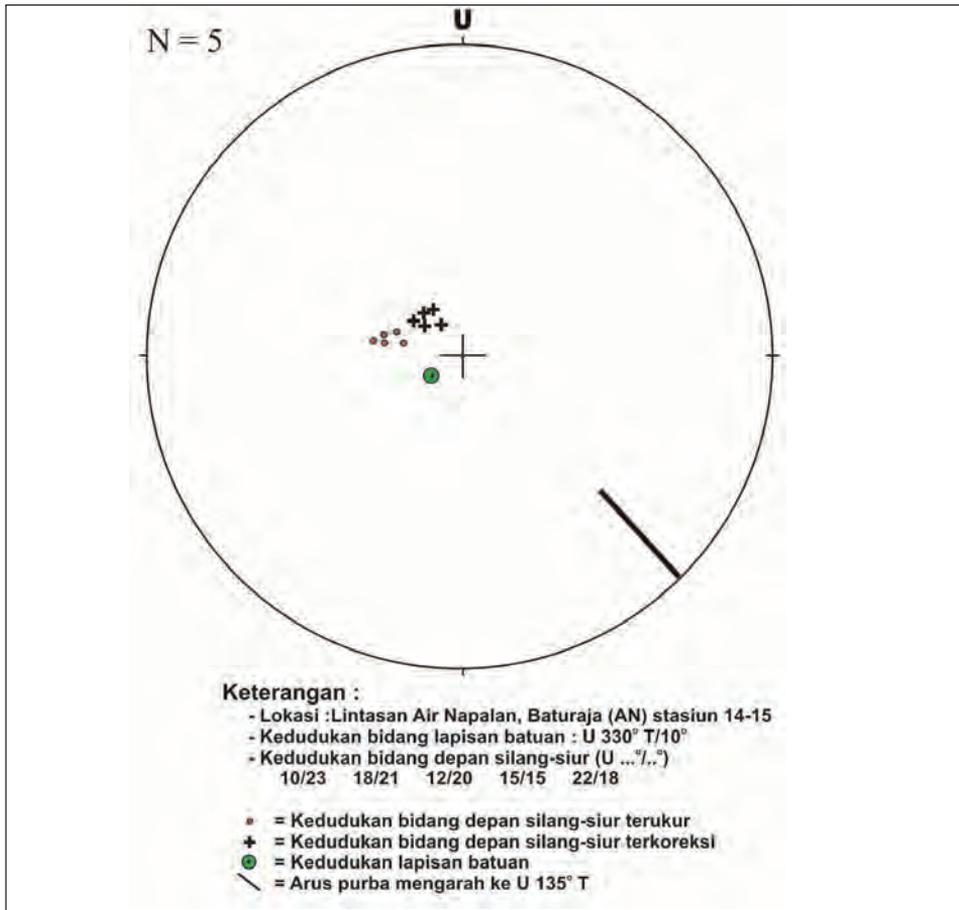
Pembahasan mengenai sedimentologi kaitannya dengan lingkungan pengendapan batugamping di Lintasan Air Napalan, Baturaja ini dibagi menurut penggolongan standar mikrofases dan zona fases menurut (Flugel, 1982) dan (Wilson, 1975). Sebagai pembanding, diacu pula dari beberapa penulis yang membahas tentang lingkungan pengendapan batugamping, seperti Jones dan Desrochers (1992), Read (1985), serta Tucker dan Wright (1990).

Batugamping Formasi Baturaja secara selaras (berangsur) menindih batuan sedimen klastika Formasi Talangakar (Limbong dkk., 2004). Formasi Talangakar terdiri atas batupasir, batulempung, batulumpur, batupasir konglomeratan, konglomerat, batulempung karbonan, dan kadang-kadang batulempung gampingan. Batuan sedimen klastika itu terbentuk sebagai endapan kipas aluvium bersamaan dengan atau segera sesudah pembentukan terban pasca pengangkatan regional pada Neogen Awal. Pada saat itu, Kala Oligosen, keadaan umum di daerah penelitian masih di atas permukaan air laut.

Endapan kipas aluvium dekat (*proximal*) dicirikan dengan munculnya konglomerat atau setidaknya batupasir konglomeratan. Pada dasarnya, batuan ini terendapkan tidak jauh dari tekuk lereng kipas aluvium dengan kelerengan masih tinggi. Pada daerah jauh (*distal*), terjadi perubahan jenis batuan dengan ukuran butiran yang lebih halus. Beberapa endapan rawa hadir, dicirikan dengan munculnya batulempung karbonan. Lingkungan pengendapan batulempung karbonan ini sangat dekat dengan pantai karena batuan langsung tertindih oleh batulempung gampingan yang kaya akan fosil ganggang dan jarang moluska. Keadaan yang demikian ini tidak terlepas dari pengaruh pasang surut. Pengaruh pasang surut berirama dicirikan oleh keberadaan berulang sisipan batugamping bioklastika pada batuan sedimen klastika. Batugamping bioklastika berbutir sangat halus *mudstone-wackestone* yang dijumpai pada segmen ini masih berkomponen mineral lempung dan material terigen cukup banyak. Selain itu, komponen fosilnya dikuasai oleh ganggang hijau dan moluska. Dengan keadaan seperti ini, diperkirakan, daerah penelitian pada saat itu, berupa rawa yang telah terpengaruh laut. Batuan hasil pengendapan tersebut di atas masih dimasukkan sebagai bagian teratas Formasi Talangakar oleh penulis.

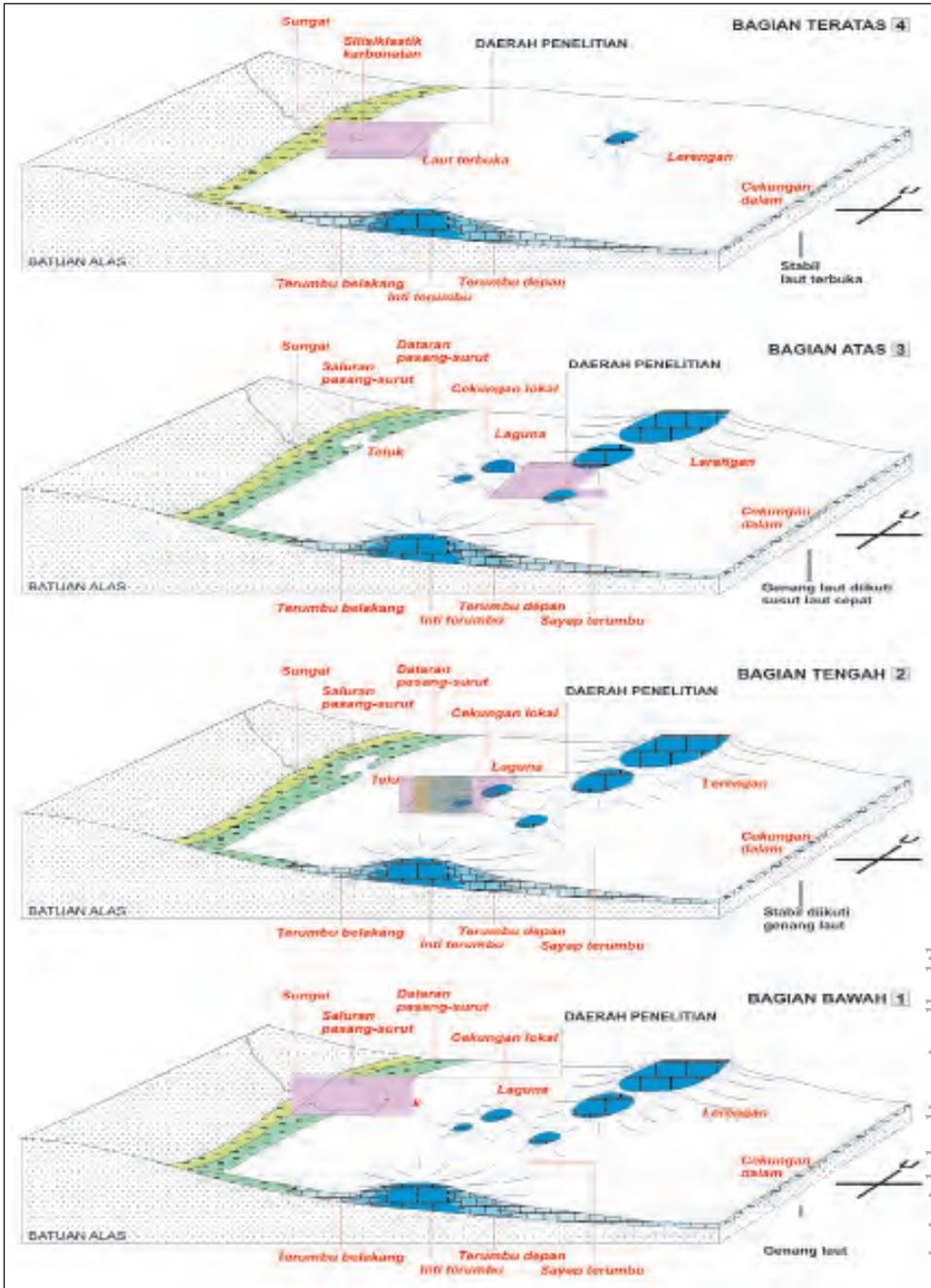
Mulai dari sini, komponen karbonat semakin melimpah meskipun komponen asal darat masih dijumpai. Sebagai hasilnya adalah suatu rangkaian perlapisan batugamping bioklastika berbutir halus-sedang *grainstone-wackestone* pasir dengan sisipan batupasir gampingan. Batugamping bioklastika berbutir sedang *grainstone* pasir ini berkembang membentuk lapisan tebal dan berstruktur silang-siur mangkuk yang diperkirakan merupakan endapan saluran (*channel*) di daerah dangkalan laguna. Di daerah dangkalan laguna ini juga berkembang suatu paparan terbatas yang berupa teluk dengan energi lemah yang mengendapkan batugamping bioklastika berbutir halus *wackestone-mudstone*. Pada saat itu, kompleks terumbu jauh berada di sebelah timur daerah penelitian. Hingga fase ini, secara stratigrafi, batuan yang dihasilkan oleh proses tersebut, disebut sebagai bagian terbawah batugamping Formasi Baturaja. Keadaan paleogeografi pada saat ini, berdasarkan data pengukuran arus purba (Gambar 7.13) menunjukkan bahwa tinggian berada di bagian barat laut, sedangkan cekungan pengendapan berada di bagian tenggara.

Dengan berlalunya waktu, masih dalam kisaran umur Oligosen Akhir, keadaan daerah penelitian berubah menjadi terumbu belakang (*back reef*). Batuan yang terbentuk sudah dikuasai oleh batugamping. Beberapa lingkungan pengendapan yang berbeda teramati pada segmen ini (Gambar 7.14).



Gambar 7.13 Perajahan data struktur lapisan dan perarian silang-siur pada batuan penyusun Formasi Baturaja di Lintasan Air Napalan, Baturaja, Sumatra Selatan, yang menunjukkan arah arus purbanya

Bagian bawah batugamping Formasi Baturaja diawali oleh keberadaan batugamping bioklastika berbutir halus *wackestone*. Komponen fosil batuan ini dikuasai oleh foraminifera besar bentonik, ganggang merah (*lithoporella* dan *goniolithon*), dan moluska (*pelecypoda*) yang tersebar tidak teratur berupa fosil pecah. Tanda-tanda pemboran dan galian organisme (bioturbasi) sering muncul di batuan ini. Material terigen juga masih hadir meskipun jumlahnya sangat terbatas. Ciri seperti ini mencerminkan lingkungan air dangkal dengan sirkulasi terbuka (*shallow water with open circulation*; Jones & Desrochers, 1992) pada dangkalan laguna yang sangat dekat dengan pantai dan berenergi lemah (SMF9-FZ7). Lingkungan tersebut diperkirakan berupa cekungan lokal, mengendapkan batugamping bioklastika berbutir halus *packstone*, dicirikan dengan munculnya



Sumber: Maryanto (2005)

Gambar 7.14 Perkembangan Lingkungan Pengendapan Batuan Karbonat Formasi Baturaja di Lintasan Air Napalan, Baturaja, Sumatra Selatan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

tekstur inversi pada beberapa batuan. Pengaruh susut laut yang segera diikuti genang laut terjadi pada bagian bawah Formasi Baturaja.

Pada fase pengendapan bagian tengah Formasi Baturaja, lingkungan pengendapannya lebih stabil, yaitu di lingkungan laut dangkal dengan sirkulasi terbuka pada dangkalan laguna dengan energi lemah (SMF9-FZ7), yang membentuk batugamping bioklastika berbutir halus-sedang *packstone-wackestone*. Hal ini berlangsung terus hingga Kala Miosen Awal. Seperti halnya di bagian bawah, di bagian tengah Formasi Baturaja ini pengendapannya diakhiri fase susut laut yang secara cepat menjadi genang laut, mengendapkan bagian atas batugamping Formasi Baturaja.

Bagian atas batugamping Formasi Baturaja disusun oleh batugamping bioklastika berbutir sedang-kasar *wackestone-floatstone*, batugamping klastika berbutir kasar *rudstone*, dan batugamping nonklastika *bafflestone*. Pengendapan bagian atas batugamping Formasi Baturaja, kali pertama berada di lingkungan dekat inti terumbu. Lingkungan lereng terumbu yang masih cenderung di bagian terumbu belakang (SMF5-FZ4) membentuk batugamping bioklastika berbutir sedang-kasar *wackestone-floatstone*. Lingkungan terumbu yang cenderung mengarah ke terumbu belakang dengan arus lemah (SMF7-FZ5) dicirikan dengan terbentuknya batugamping nonklastika *bafflestone*. Beberapa bentukan inti terumbu tersebut runtuh dan terendapkan kembali di daerah terumbu depan, berupa endapan pelongsoran dengan energi tinggi (SMF6-FZ4), membentuk batugamping klastika berbutir kasar *rudstone*.

Pengendapan berikutnya, membentuk bagian teratas Formasi Baturaja, merupakan endapan susut laut yang diawali oleh pengendapan batugamping bioklastika berbutir sedang *grainstone* dengan fosil aneka ragam. Lingkungan pengendapannya berada di daerah dangkalan laguna, yang merupakan endapan saluran (SMF18-FZ7). Bagian teratas batugamping Formasi Baturaja dan bagian terbawah batuan penyusun Formasi Gumai di daerah penelitian terdiri atas endapan di laut dangkal dengan sirkulasi terbatas pada dangkalan laguna (SMF17-FZ7), dan membentuk batugamping klastika berbutir sedang *grainstone*. Di lingkungan ini, kadang-kadang terbentuk endapan saluran di sekitar dangkalan laguna pada paparan terbatas (SMF18-FZ8), mengendapkan batugamping bioklastika berbutir sedang *grainstone* yang komponen fosilnya dikuasai oleh foraminifera besar bentonik.

Komponen klastika asal darat pada bagian teratas Formasi Baturaja ini semakin melimpah dan mengakhiri pengendapan batugamping. Selanjutnya, material silisiklastika menguasai batuan, membentuk rangkaian perlapisan batupasir dan

batulempung yang menyusun Formasi Gumai. Lingkungan pengendapan batuan tersebut diperkirakan dekat pantai dan berlangsung pada Kala Miosen Awal.

Berdasarkan runtunan pengendapan tersebut di atas, dapat diyakini bahwa lingkungan pengendapan yang membentuk batugamping Formasi Baturaja di daerah penelitian, khususnya di Lintasan Air Napalan, tidak pernah menjadi laut dalam atau berupa wilayah terumbu depan (*fore-reef*).

4. LINTASAN AIR KITI

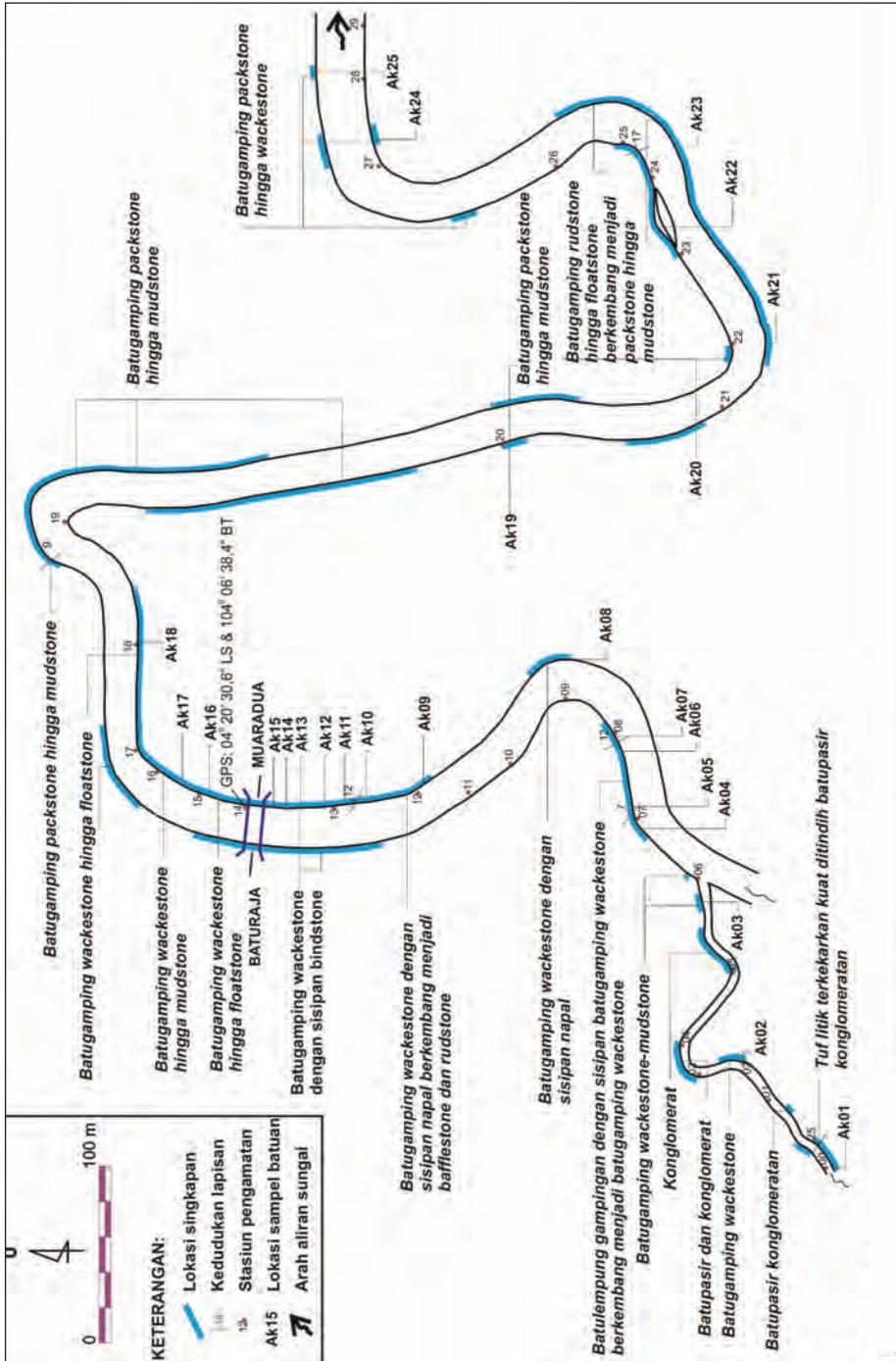
a. Runtunan stratigrafi

Menurut Maryanto (2014a), Lintasan Air Kiti merupakan lintasan sungai yang memanjang berarah nisbi barat-timur sekitar 2 km, batuannya tersingkap cukup banyak dan segar (Gambar 7.15). Runtunan batuan yang dijumpai kebanyakan adalah batugamping Formasi Baturaja yang selaras menindih Formasi Talangakar (Limbong dkk., 2004). Batuan secara umum miring landai ke timur laut, dengan ketebalan total terukur mencapai 150 m, termasuk batugamping penyusun Formasi Baturaja setebal 110 m (Gambar 7.16).

Batuan yang dijumpai di Lintasan Air Kiti, diawali oleh batuan gunungapi Formasi Kikim, berupa tuf litik andesit-riolit yang tergerus dan terkekarkan kuat. Selanjutnya, batuan tertindih erosional oleh batupasir konglomeratan Formasi Talangakar, berketebalan 40–220 cm. Komponen kepingan batuan beragam, masih bersifat tufan, dan dengan sisipan tipis batugamping klastika halus *wackestone*. Hubungan stratigrafi batuan silisiklastika Formasi Talangakar dengan bagian terbawah batugamping Formasi Baturaja diduga selaras meskipun kontak langsung di lapangan tidak ditemukan.

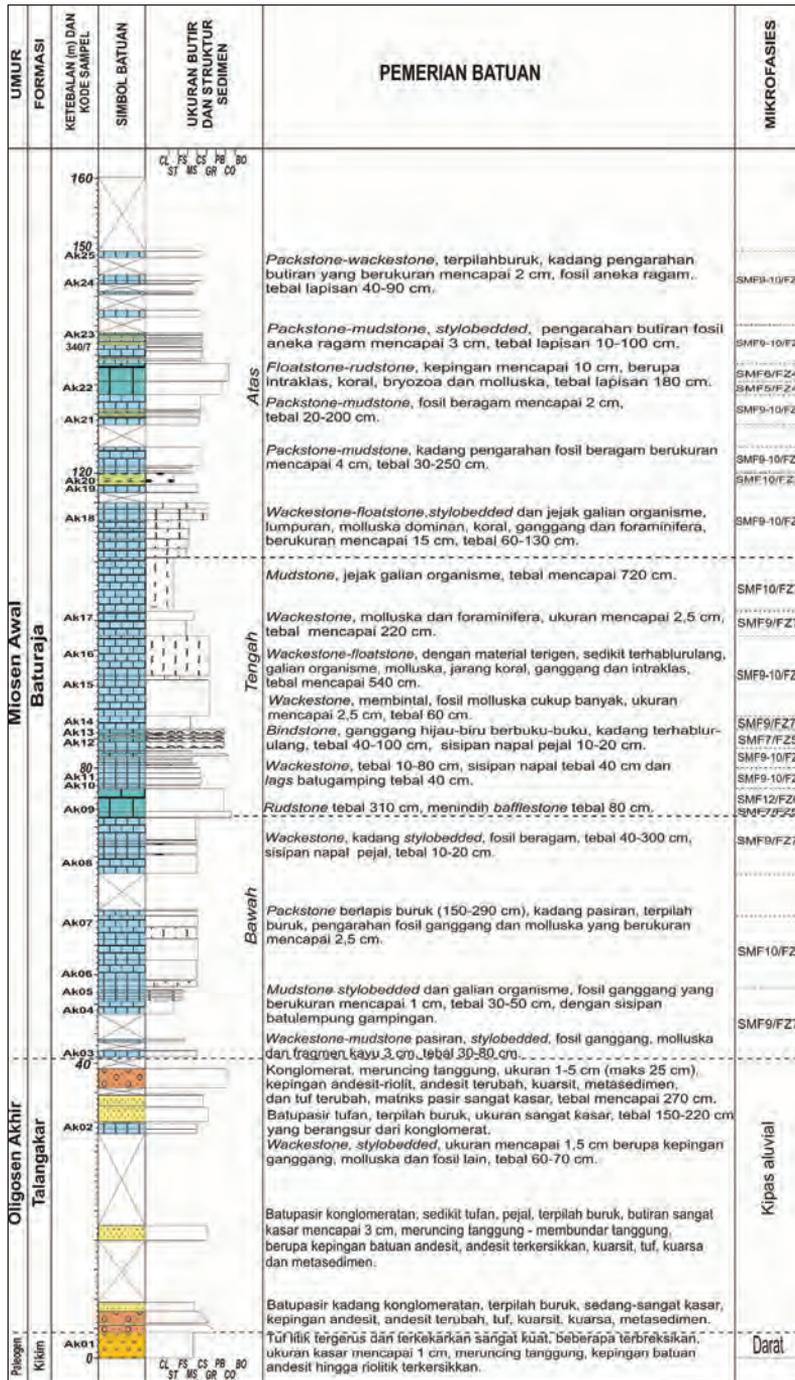
Bagian terbawah runtunan batuan Formasi Baturaja berupa batugamping bioklastika halus *wackestone-mudstone* pasiran dengan lapisan terstilolitkan, mengandung fosil ganggang, moluska dan kepingan kayu lignit, dan berketebalan lapisan 30–80 cm. Selanjutnya, batuan berkembang menjadi perselingan antara batugamping bioklastika halus *wackestone-mudstone* dengan batulempung gampingan (Gambar 7.17). Batugamping bioklastika *wackestone* menjadi semakin banyak dan mengasar dengan beberapa jejak galian organisme, ber kandungan fosil beragam meskipun masih dikuasai oleh moluska dan ganggang yang berukuran mencapai 2,5 cm, dan ketebalan lapisan 150–300 cm. Semakin ke atas, *wackestone* ini semakin menguasai runtunan batuan, meskipun masih dijumpai beberapa sisipan tipis napal pejal.

Bagian tengah runtunan batugamping Formasi Baturaja diawali dengan keberadaan batugamping nonklastika *bafflestone* dengan koral, bryozoa, ganggang,



Sumber: Maryanto (2014a)

Gambar 7.15 Pengukuran Stratigrafi Rinci Formasi Baturaja di Lintasan Air Kiti, OKU, Sumatra Selatan



Sumber: Maryanto (2014a)

Gambar 7.16 Kolom Stratigrafi Rinci Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Kiti

Buku ini tidak diperjualbelikan.

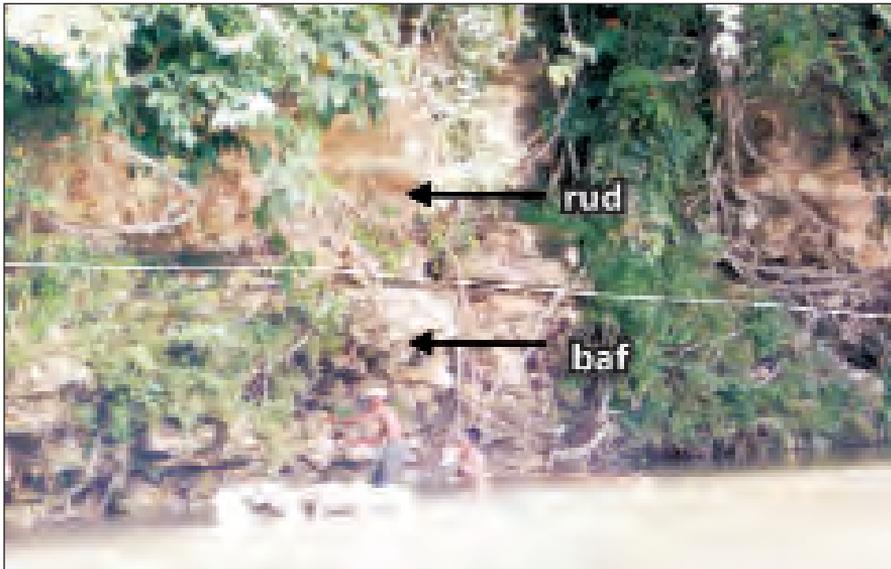


Sumber: Maryanto (2014a)

Gambar 7.17 Batulempung gampingan kaya pecahan fosil moluska (berwarna terang) yang menyisip di antara *wackestone-mudstone* (tidak tampak pada foto), merupakan penyusun bagian bawah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi Ak05 (lihat Gambar 7.15), Lintasan Air Kiti.

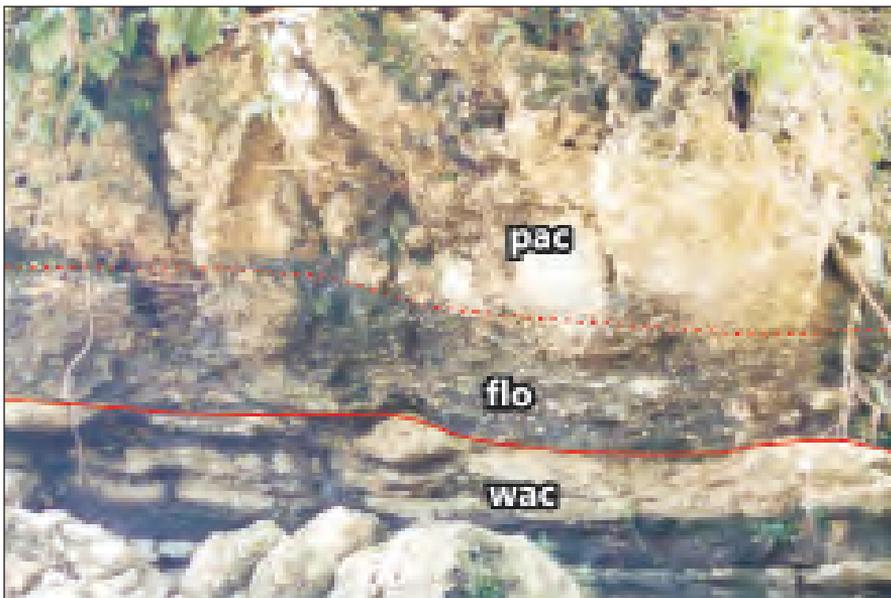
dan foraminifera besar bentonik yang terjebak di dalam lumpur karbonat, dengan ketebalam sekitar 80 cm (Gambar 7.18). Selanjutnya, batuan ditindih oleh batugamping klastika sangat kasar *rudstone* berketebalan 310 cm sebelum berkembang menjadi perlapisan batugamping bioklastika halus hingga sedang *wackestone* berketebalan 10–80 cm dengan sisipan tipis napal pejal, dan dengan *lags* batugamping tebal 40 cm. Batuan berkembang menjadi batugamping nonklastika *bindstone* berbuku-buku yang didukung oleh pengonggokan ganggang hijau-biru dengan tebal 10–100 cm dan dengan sisipan napal pejal. Pada perkembangannya, batuan menjadi perlapisan *packstone* yang sering mengasar menjadi *floatstone* berketebalan 60–540 cm (Gambar 7.19), dan akhirnya ditutup oleh *wackestone* dan *mudstone* dan tebalnya mencapai 720 cm.

Bagian atas runtunan batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Kiti dimulai dengan keberadaan batugamping bioklastika halus hingga sedang *wackestone* yang kadang-kadang berkembang menjadi *packstone* atau *floatstone*, dengan ketebalan lapisan 60–200 cm. Galian organisme masih hadir pada runtunan batuan ini dan dengan bioklas masih dikuasai oleh moluska, ganggang merah, foraminifera besar bentonik, dan kepingan koral. Sisipan batugamping *mudstone* dan napal pejal masih hadir di bagian atas ini. Batuan berkembang



Sumber: Maryanto (2014a)

Gambar 7.18 *Bafflestone* (baf) yang ditindih *rudstone* (rud), merupakan penyusun bagian tengah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi Ak09 (lihat Gambar 7.15), Lintasan Air Kiti.

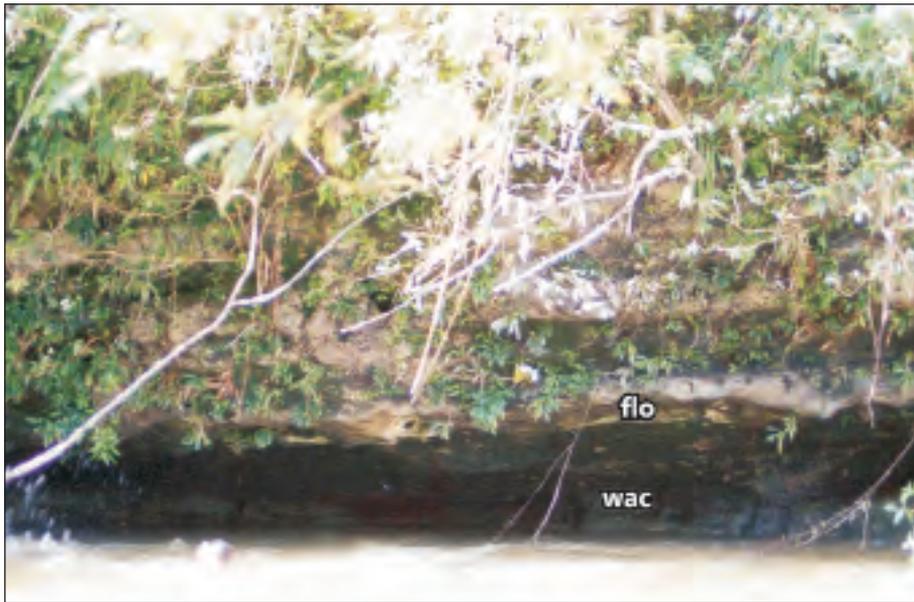


Sumber: Maryanto (2014a)

Gambar 7.19 *Wackestone* (wac) dengan lapisan membintal, berkembang menjadi *floatstone* (flo)-*packstone* (pac) yang berlapis tebal, merupakan penyusun bagian tengah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi Ak17 (lihat Gambar 7.15), Lintasan Air Kiti.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

mengasar menjadi *floatstone-rudstone* berketebalan 120–180 cm (Gambar 7.20), dan dengan komponen intraklas batugamping terumbu, koral, bryozoa, moluska dan foraminifera besar bentonik. Kemudian, runtunan batuan diakhiri dengan keberadaan perlapisan batugamping bioklastika halus hingga sedang *packstone-wackestone* dengan bioklas beragam dan kadang-kadang memperlihatkan pengarahannya.



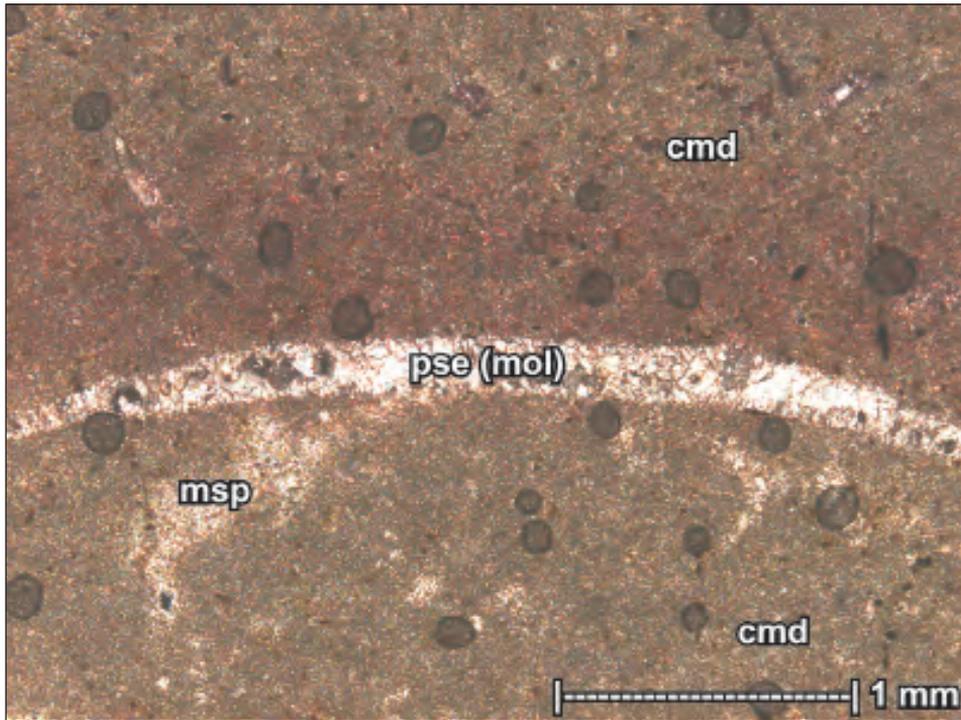
Sumber: Maryanto (2014a)

Gambar 7.20 *Wackestone* (wac) yang tertindih *floatstone-rudstone* (flo) berlapis sedang-tebal, merupakan penyusun bagian atas Formasi Baturaja. Difoto di lokasi Ak22 (lihat Gambar 7.15), Lintasan Air Kiti.

b. Petrografi

Bagian bawah runtunan batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Kiti berupa batugamping *wackestone* berukuran butir halus-sedang, terpilah buruk dan terdukung lumpur (*mud supported*). Butiran dikuasai oleh fosil pecah dan utuh foraminifera besar bentonik, moluska, ganggang merah serta beberapa fosil yang lain, diikuti oleh sedikit intraklas kepingan batugamping bioklastika dan lumpuran, serta sangat jarang pelet. Bioklas ini, khususnya moluska, kadang-kadang larut dan terisi kembali oleh orthosparit kalsit mosaik anhedral dari lingkungan meteorik freatik (Gambar 7.21). Butiran terigen masih dijumpai, berupa kuarsa, feldspar, kepingan batupasir dan batuan argilit, jarang mineral opak karbon. Sebagian rongga di dalam fosil telah terisi oleh orthosparit kalsit sangat halus mosaik anhedral, atau oleh lumpur karbonat yang kadang tergantikan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

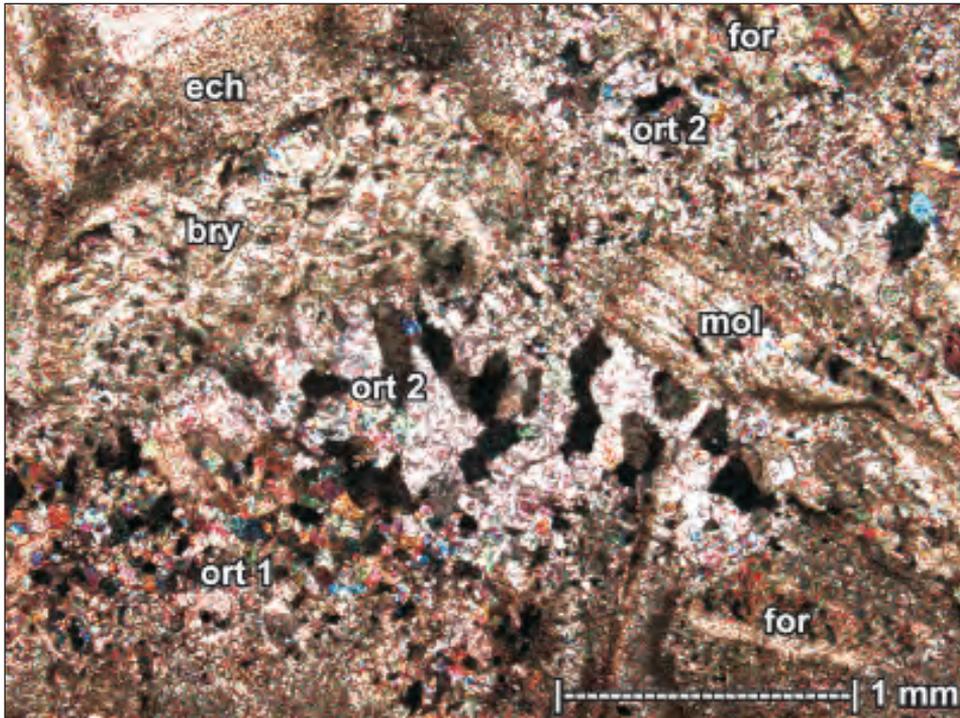


Sumber: Maryanto (2014a)

Gambar 7.21 *Wackestone* yang berkembang dengan ukuran halus, terpilah buruk, dan terdukung lumpur karbonat (cmd). Tampak fosil tergantikan dengan fase pelarutan menjadi pseudosparit (pse) yang awalnya diduga berupa cangkang moluska (mol), juga lumpur karbonat tergantikan menjadi mikrosparit (msp). Sampel Ak05, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.

menjadi mikrosparit. Rongga yang lain kadang-kadang diisi oleh oksida besi, mineral lempung authigenik, atau silika sekunder. Pada perkembangannya, batuan mengasar menjadi batugamping *packstone* yang terpilah buruk dan terdukung butiran meruncing tanggung hingga membundar tanggung. Bioklas yang ada pada umumnya telah terabrasi dan tercuci cukup baik (Gambar 7.22). Rongga di antara dan di dalam partikel sebagian besar telah terisi oleh orthosparit kalsit mosaik drus anhedral halus hingga sedang. Perkembangan selanjutnya, batuan menghalus kembali membentuk perlapisan batugamping *wackestone* sebelum ditindih oleh batugamping nonklastika *bafflestone* (Tabel 7.1).

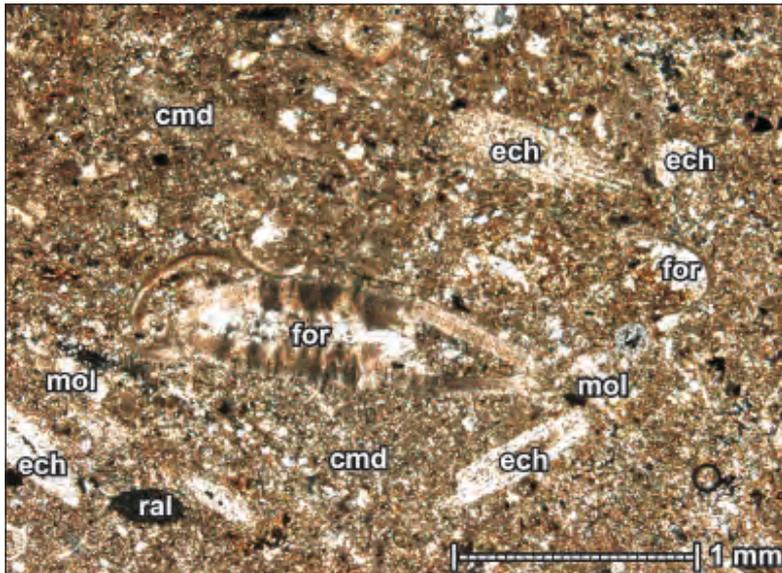
Bagian tengah runtunan batugamping Formasi Baturaja diawali dengan keberadaan batugamping nonklastika *bafflestone* berkomponen koral dan bryozoa yang menjebak lumpur karbonat dengan kemas terbuka. Selanjutnya, batuan ditindih oleh batugamping klastika sangat kasar *rudstone* yang tidak diuji petrografi.



Sumber: Maryanto (2014a)

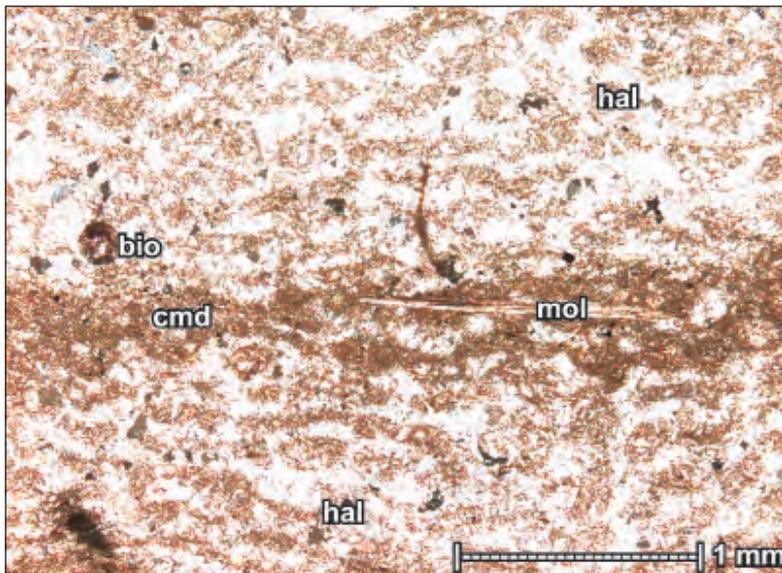
Gambar 7.22 *Packstone* yang berkembang dengan ukuran sedang dengan beberapa fosil moluska (*mol*), bryozoa (*bry*), echinodermata (*ech*) dan foram bentonik (*for*). Tampak orthosparit kalsit mosaik drus dari lingkungan meteorik freatik (*ort1*), melanjutkan pengisian orthosparit lingkungan penimbunan (*ort2*). Sampel Ak07, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.

Batuan berkembang menjadi batugamping klastika halus *wackestone* dengan bioklas fosil beragam yang telah tercuci dan terabrasi (Gambar 7.23). Sebagian fosil mengalami pemikritan, selain larut dan terisi kembali oleh orthosparit kalsit. Selanjutnya, batuan berkembang menjadi batugamping nonklastika *bindstone* berbuku-buku yang didukung oleh pengonggokan memanjang fosil *corraline algae* (*Halimeda* sp.; Gambar 7.24). Rongga di antara fosil tersebut adalah lumpur karbonat dan butiran lain sangat halus, serta beberapa terisi oleh orthosparit kalsit mosaik drus anhedral halus hingga sedang dari lingkungan meteorik freatik. Pada perkembangannya, batuan menjadi perlapisan *packstone* yang kadang-kadang mengasar menjadi *floatstone* dengan komponen bioklas beragam (Gambar 7.25), selain sedikit intraklas. Runtunan batuan akhirnya ditutup oleh keberadaan batugamping bioklastika halus *wackestone* (Gambar 7.26) hingga *mudstone* dengan beberapa galian organisme.



Sumber: Maryanto (2014a)

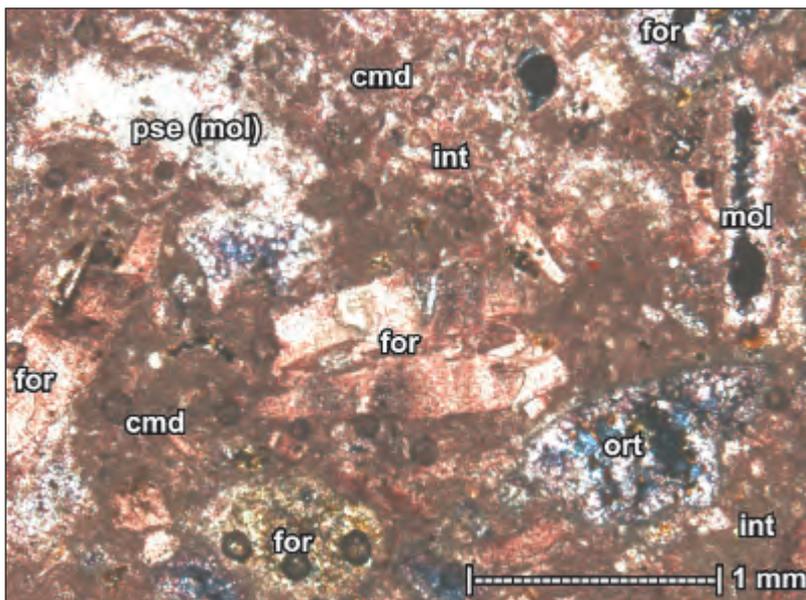
Gambar 7.23 *Wackestone* dengan ukuran halus, butiran bioklas foraminifera besar bentonik (for), moluska (mol), ganggang merah (ral), dan echinodermata (ech), tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cmd) yang secara acak tergantikan menjadi mikrosparit. Sampel Ak10, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.



Sumber: Maryanto (2014a)

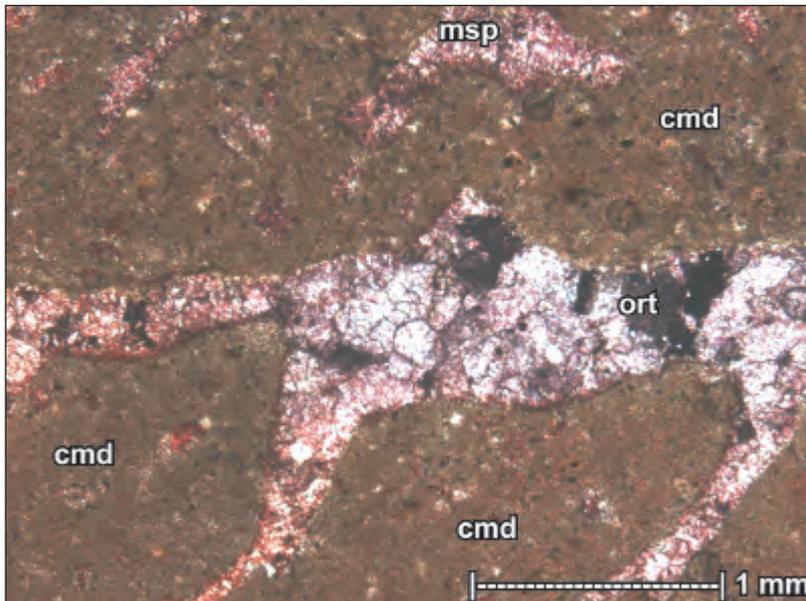
Gambar 7.24 *Bindstone* terdukung oleh cukup banyak pengonggokan koral memanjang (*Halimeda* sp.; hal) berbuku-buku dengan penjebaran lumpur karbonat (cmd), fosil moluska (mol) dan jejak bioturbasi pemboran (bio). Sampel Ak12, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2014a)

Gambar 7.25 Wackestone dengan ukuran sedang, dengan beberapa butiran foraminifera besar bentonik dan planktonik (for), moluska tergantikan (mol), dan intraklas (int), isian orthosparit (ort). Sampel Ak14, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.

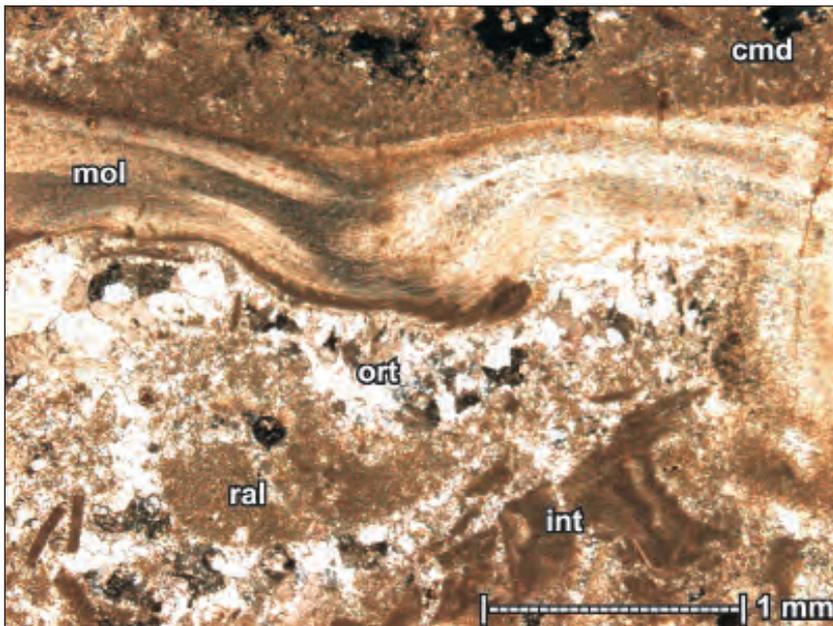


Sumber: Maryanto (2014a)

Gambar 7.26 Wackestone berukuran halus terdukung lumpur karbonat (cmd) dengan beberapa kekar yang rongganya telah terisi oleh orthosparit kalsit mosaik drus anhedral (ort). Tampak pula sebagian lumpur karbonat terganti menjadi mikrosparit (msp). Sampel Ak17, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

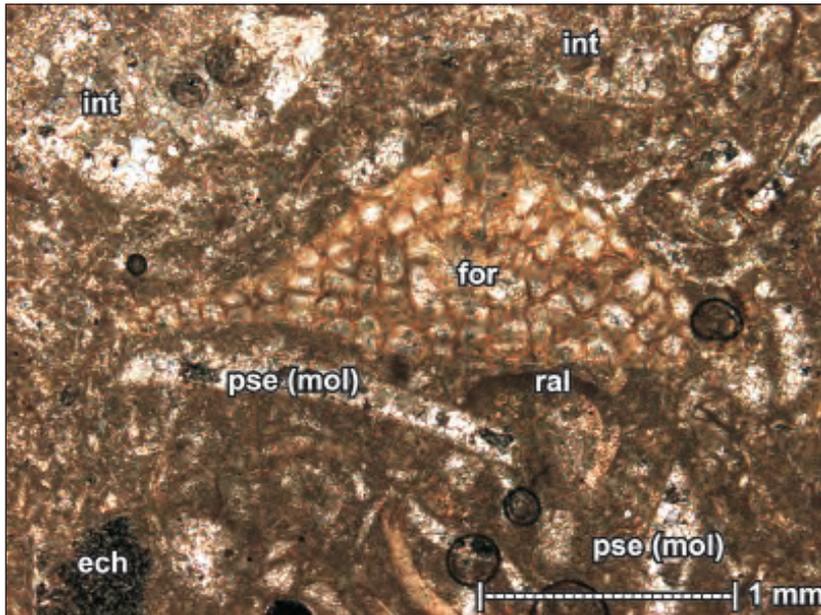
Bagian atas runtunan batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Kiti dimulai dengan keberadaan batugamping bioklastika halus hingga sedang *wackestone*. Komponen butiran karbonat yang jumlahnya terbatas secara samar-samar telah mengalami pencucian, abrasi, dan seleksi ukuran. Galian organisme jarang hadir dan dengan bioklas masih dikuasai oleh moluska, ganggang merah, foraminifera besar bentonik, dan kepingan koral. Batuan kadang mengasar menjadi *packstone-floatstone* (Gambar 7.27), atau bahkan menjadi *floatstone-rudstone*, dan dengan komponen intraklas batugamping terumbu, koral, bryozoa, moluska, dan foraminifera besar bentonik, yang beberapa bagian tampak mengalami penggantian. Penyemen yang utama masih berupa orthosparit kalsit mosaik drus anhedral halus hingga sedang. Runtunan batuan diakhiri oleh *packstone-wackestone* dengan bioklas beragam dan kadang-kadang memperlihatkan pengarah dan pelarutan beberapa fosil (Gambar 7.28).



Sumber: Maryanto (2014a)

Gambar 7.27 *Packstone/floatstone* berukuran kasar dengan fosil moluska (mol), ganggang merah (ral) dan intraklas (int), masih menyisakan lumpur karbonat (cmd) dan disemen oleh orthosparit kalsit mosaik drus anhedral (ort). Sampel Ak22, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2014a)

Gambar 7.28 Wackestone berukuran sedang dengan beberapa kepingan intraklas (int) dan fosil foraminifera bentonik (for), echinodermata (ech), ganggang merah (ral) termikritkan, moluska (mol) terhablur ulang menjadi pseudosparit (pse). Sampel Ak24, (lihat Gambar 7.16), kedudukan lensa nikol bersilang.

c. Mikrofasesies

Batuan yang dijumpai di Lintasan Air Kiti diawali oleh batuan gunungapi Formasi Kikim yang merupakan endapan darat (Gafoer dkk., 1986). Selanjutnya, batuan gunungapi ini tertindih tak selaras oleh batuan silisiklastika Formasi Talangakar yang masih merupakan endapan kipas aluvial. Seiring dengan proses genang laut di daerah penelitian, secara setempat mulai berkembang endapan karbonatan yang membentuk Formasi Baturaja.

Bagian terbawah runtunan batuan Formasi Baturaja berupa batugamping *wackestone-mudstone* pasiran dan masih mengandung kepingan kayu, berselingan dengan batuan silisiklastika. *Wackestone* menjadi semakin banyak dan mengasar dengan beberapa jejak galian organisme, ber kandungan fosil beragam meskipun masih dikuasai oleh moluska dan ganggang. Batugamping seperti ini karakter sabuk fasies landaian laguna (*shelf lagoon*; Wilson, 1975; Read, 1985) yang berada di lingkungan belakang terumbu (Jones & Desrochers, 1992), khususnya pada laut dangkal dengan sirkulasi terbuka (*shallow water with open circulation*; SMF9-FZ7; Wilson, 1975; Flugel, 1982). Keadaan lingkungan pengendapan relatif stabil hingga berakhirnya pengendapan bagian bawah formasi. Tidak hadirnya atau

jarang hadirnya pelet merupakan ciri khas paparan karbonat Neogen (Schlager & Reijmer, 2009).

Bagian tengah batugamping Formasi Baturaja diawali keberadaan batugamping nonklastika *bafflestone* dengan koral, bryozoa, ganggang, dan foraminifera besar bentonik yang terjebak di dalam lumpur karbonat, mencirikan fasies bangunan terumbu (Tucker & Wright, 1990), yang sering kali berada di tepi paparan (*platform margin*; SMF7-FZ5). Kandungan foraminifera besar bentonik yang cukup melimpah menunjukkan bahwa bangunan terumbu ini hanya berupa terumbu kecil (*patch-reef*; Tucker & Wright, 1990) yang merupakan bagian dari suatu paparan karbonat terbuka (Andreeva, 2008; Omana & Alencaster, 2009), termasuk telah mempunyai endapan runtunan lereng terumbu depan (*fore-reef talus*; SMF6-FZ4;) yang dicirikan keberadaan batugamping klastika sangat kasar *rudstone*. Selanjutnya, lingkungan lebih banyak berada di fasies belakang terumbu, khususnya pada laut dangkal dengan sirkulasi terbuka (SMF9-FZ7), yang mengendapkan batugamping bioklastika halus hingga sedang *wackestone* dengan sisipan tipis napal pejal, dan *lags* batugamping. Terumbu kecil masih hadir di lokasi ini dengan terbentuknya batugamping nonklastika *bindstone* berbuku-buku yang didukung oleh pengonggokan ganggang hijau-biru, dan disertai endapan sayap terumbu (*reef-flank facies*; SMF6-FZ4; Tucker & Wright, 1990) berupa perlapisan *packstone-floatstone*, sebelum menjadi endapan pada fasies belakang terumbu (SMF10-FZ7) kembali dengan litologi *wackestone-mudstone*.

Bagian atas runtunan batugamping Formasi Baturaja kebanyakan masih merupakan endapan pada fasies belakang terumbu yang beberapa bagian membentuk cekungan lokal (SMF10-FZ7) dengan litologi berupa *wackestone* yang kadang-kadang berkembang menjadi *packstone-floatstone*, yang bioklasnya masih dikuasai oleh moluska, ganggang merah, foraminifera besar bentonik, dan kepingan koral. Karena pengaruh genang laut, fasies batuan berkembang menjadi fasies sayap terumbu (*reef-flank facies*; SMF6-FZ4) dengan litologi *floatstone-rudstone* dengan komponen intraklas batugamping terumbu, koral, bryozoa, moluska, dan foraminifera besar bentonik, yang mencirikan endapan karbonat dengan iklim tropis (Kindler & Hearty, 1996; Harzhauzer & Piller, 2009). Runtunan batuan diakhiri dengan fasies belakang terumbu yang beberapa bagian membentuk cekungan lokal (SMF10-FZ7) yang mengendapkan perlapisan *packstone-wackestone* hingga akhir pengendapan Formasi Baturaja di lintasan penelitian.

d. Proses Diagenesis

Segera sesudah batuan diendapkan, yang diikuti oleh penindihan oleh satuan batuan silisiklastika dan batuan gunungapi, Formasi Baturaja di lintasan penelitian tentu terpengaruh oleh beberapa proses diagenesis, hingga tersingkap seperti sekarang ini. Data hasil uji petrografi yang telah dilakukan menunjukkan beberapa rekaman proses diagenesis yang terawetkan pada batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Kiti, meliputi proses-proses bioturbasi, penyemenan, neomorfisme, pemikritan, pemampatan, peretakan, dan pelarutan.

Bioturbasi

Kenampakan bioturbasi, khususnya galian organisme (*burrowing*; Choquette & Pray, 1970) yang berukuran sangat halus dan tersebar tidak merata teramati di beberapa sampel batuan. Kenampakan rongga bioturbasi ini pada umumnya telah terisi sempurna oleh lumpur karbonat yang kadang-kadang bercampur dengan orthosparit kalsit mosaik drus anhedral sangat halus. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa fase pengisian rongga bioturbasi terjadi di dua lingkungan diagenesis, yaitu lingkungan laut segera setelah galian tersebut terbentuk dan lingkungan meteorik freatik pada saat penyingkapan batuan.

Penyemenan

Penyemen utama batuan adalah semen karbonat yang berasal dari lingkungan meteorik freatik, meteorik vados, dan sangat jarang semen karbonat dari lingkungan laut dan penimbunan. Semen karbonat (*orthosparite*; Bathurst, 1975; Gregg, 2005) pada umumnya berfungsi sebagai pengisi rongga keporian antarpartikel, sedikit dalam partikel, retakan, dan kekar. Semen karbonat dari lingkungan laut, yang berhablur isopachus sangat halus (Longman, 1980), hanya tinggal sisanya yang terkonsentrasi di sekeliling butiran pada *packstone* dengan jumlah sangat terbatas. Hal yang sama juga terjadi pada semen dari lingkungan penimbunan yang berstruktur mosaik anhedral sangat halus (Maryanto, 2007). Pada umumnya, kedua semen karbonat tersebut telah hilang dan tergantikan oleh semen karbonat yang berasal dari lingkungan meteorik freatik, berstruktur mosaik drus anhedral, berukuran hablur halus hingga sedang (Gambar 7.22 & 7.27). Hampir semua rongga antar partikel, dalam partikel, retakan dan kekar telah terisi oleh semen dari lingkungan meteorik freatik ini. Pada umumnya, semen karbonat dari lingkungan meteorik vados mengisi rongga retakan batuan yang berasosiasi dengan mineral lempung authigenik dan oksida besi. Semen nonkarbonat yang berasal dari lingkungan meteorik vados mineral lempung

authigenik yang berasosiasi dengan oksida besi, hadir terbatas dengan bentuk dan penyebaran tidak teratur, khususnya sebagai pengisi retakan batuan.

Neomorfisme

Rekaman proses neomorfisme berupa penggantian dan penghablurulan. Penggantian teramati di seluruh sampel batuan yang terbagi menjadi dua jenis, yaitu penggantian butiran dan penggantian matriks. Penggantian butiran tanpa fase pelarutan menghasilkan sparit semu (*pseudosparite*; Bathurst, 1975, Moore, 1997) berhablur mosaik anhedral yang pada umumnya berukuran hablur halus hingga sedang mencapai 0,6 mm (Gambar 7.21 & 7.28). Penggantian matriks lumpur karbonat membentuk mikrosparit berhablur mosaik hingga sukrosik granular anhedral berukuran sangat halus yang dijumpai acak di dalam batuan. Proses penggantian material ini berhubungan erat dengan proses penghablurulan. Rekaman proses penghablurulan hadir pada beberapa butiran karbonat meskipun jumlahnya sangat terbatas. Sparit semu telah merusak struktur dalam fosil secara total bersama-sama dengan proses penggantian matriks batuan. Sebagai hasilnya adalah bentukan jejak butiran yang batas pinggirnya telah rancu dengan matriks lumpur karbonat yang juga terhablur ulang.

Pemikritan

Rekaman proses pemikritan hanya teramati pada beberapa sampel batuan dengan jumlah sangat terbatas di bagian atas formasi. Pada umumnya, lumpur karbonat sebagai hasil pemikritan terkonsentrasi di bagian pinggir butiran karbonat yang oleh beberapa ahli disebut sebagai semen mikritik, seperti pada bagian pinggir fosil bryozoa, moluska, foraminifera besar, dan ganggang merah (Gambar 7.28). Meskipun jumlahnya sangat terbatas, proses pemikritan ini mencerminkan adanya diagenesis lingkungan air tawar (Bathurst, 1975, Ulmer-Scholle & Mosley, 2000).

Pemampatan

Rekaman proses pemampatan batuan terlihat nyata pada beberapa sampel, khususnya pada batugamping *packstone* dan *bindstone*. Pemampatan rekaman proses pemampatan ini dicirikan dengan bentuk hubungan butir melengkung dan sangat jarang bergerigi, yang terjadi pada batugamping *packstone*. Ciri proses pemampatan yang lain adalah pola pengarahannya butiran karbonat pada *bindstone*, khususnya pada komponen kepingan koral memanjang (Gambar 7.24) sehingga matriks lumpur karbonat tampak terlihat sangat padat dan beberapa bagian koral tersebut tampak berhubungan bergerigi. Pemampatan ini mencerminkan proses diagenesis dari lingkungan penimbunan (Railsback, 2002).

Peretakan

Retakan, kekar tektonik, dan beberapa sesar mikro hadir pada beberapa sampel batugamping. Retakan batuan lebih banyak terjadi sebagai kegiatan biota tumbuh-tumbuhan di permukaan sekarang ini dengan rongga telah terisi kembali oleh mineral lempung authigenik. Kekar tektonik hadir berupa kekar rambut yang memotong butiran dan material lainnya (Gambar 7.26). Rongga kekar tersebut sebagian besar telah terisi oleh semen karbonat dari lingkungan meteorik freatik dengan struktur mosaik blok hingga mosaik drus anhedral berukuran hablur sangat halus hingga sedang.

Pelarutan

Pada umumnya, proses pelarutan batugamping Formasi Baturaja berlangsung di lingkungan meteorik vados. Rekaman proses pelarutan, yang sebagian besar merupakan pelarutan tanpa seleksi kemas, dijumpai pada hampir semua sampel batuan yang diambil meskipun berintensitas rendah. Proses pelarutan yang terjadi merupakan pelarutan tanpa seleksi kemas. Hasil proses pelarutan tersebut adalah keporian sekunder jenis gerowong. Pada umumnya, ukuran keporian yang dijumpai halus dan belum berhubungan antar sesamanya yang membentuk jenis keporian saluran. Beberapa rongga hasil pelarutan ini sebagian terisi kembali oleh ortosparit lingkungan meteorik yang kadang bercampur dengan oksida besi dan mineral lempung authigenik.

e. Diskusi

Mengacu kondisi geologi regional Indonesia bagian barat, dapat dikatakan bahwa batuan alas batugamping adalah batuan piroklastika gunungapi mengindikasikan bahwa lintasan penelitian pada awalnya berada di lingkungan busur gunungapi (Gafoer dkk., 1993). Diawali dengan bentukan terban (*graben*) dan penyesaran utama di Cekungan Sumatra Selatan Kala Miosen Awal (Hamilton, 1979; Hutchinson, 1996; Bishop, 2001), terbentuklah *pull-apart basin* Sumatra (Indranadi dkk., 2012). Kedudukan batugamping di daerah penelitian diduga diendapkan di busur belakang gunungapi Neogen Sumatra. Pada umumnya, runtunan stratigrafi batugamping Formasi Baturaja di lintasan penelitian berada di fasies cekungan lokal terumbu belakang. Adanya proses genang laut mengakibatkan lingkungan bergeser menjadi fasies bangunan terumbu di tepi paparan karbonat, sayap terumbu hingga beberapa saat menjadi endapan runtunan terumbu depan. Meskipun demikian, keadaan ini segera diikuti oleh proses susut laut yang mengakibatkan lingkungan pengendapan menjadi stabil di fasies cekungan lokal terumbu belakang, hingga pengendapan Formasi Baturaja di lintasan penelitian

berakhir. Pola perkembangan lingkungan pengendapan batugamping Formasi Baturaja yang diawali dengan fase genang laut dan diakhiri susut laut ini juga terjadi di lintasan Air Napalan (sebelah selatan lintasan penelitian; Maryanto, 2005), dan bahkan jauh ke wilayah selatan Pegunungan Garba (Maryanto, 2008). Selanjutnya, Formasi Baturaja tertindih selaras oleh batuan silisiklastika laut dangkal nonkarbonat Neogen dan batuan gunungapi Kuarter. Keadaan genang laut maksimum pada Miosen Awal ini agak berbeda dengan apa yang dinyatakan oleh Bishop (2001) yang menyebutkan bahwa genang laut maksimum terjadi pada Miosen Tengah saat pengendapan Formasi Gumai.

Sebagai konsekuensi umur Miosen Awal, Formasi Baturaja tentu telah mengalami proses diagenesis. Proses diagenesis yang berpengaruh terhadap batugamping Formasi Baturaja telah berlangsung segera sesudah batuan terendapkan hingga batuan tersingkap di permukaan sekarang ini. Proses diagenesis yang satu berlangsung bersamaan atau menyusul mengikuti proses diagenesis lainnya (Maryanto, 2012). Proses diagenesis yang terekam di dalam pengujian petrografi terlihat hampir sama pada batugamping Formasi Baturaja di lintasan penelitian lain (Maryanto, 2007).

Bioturbasi merupakan proses diagenesis awal yang terjadi pada batugamping Formasi Baturaja, ditandai dengan beberapa bentuk pemboran organisme pada beberapa fosil. Proses berikutnya adalah penyemenan pada lingkungan laut hingga penimbunan (*marine-burial diagenesis*; Melim dkk., 2001; Ramadan dkk., 2004), meskipun kenampakannya kurang teramati dengan baik karena telah rusak atau terganti oleh penyemenan berikutnya. Proses penyemenan paling banyak terjadi pada saat batuan terangkat ke permukaan, yaitu di lingkungan meteorik freatik (James, 1991) sehingga nilai keporian batuan berkurang cukup nyata. Beberapa proses diagenesis yang mengikuti penyemenan di lingkungan meteorik freatik ini, antara lain, peretakan dan pelarutan. Meskipun nilai keporian batuan kecil, khususnya pada singkapan di permukaan, diharapkan bahwa di bawah permukaan batugamping Formasi Baturaja masih mempunyai nilai keporian yang cukup nyata dan dapat berfungsi sebagai batuan waduk.

Proses penggantian terekam pada beberapa fosil, khususnya fosil moluska, terjadi segera sesudah pengendapan batuan tanpa melalui fase pelarutan, yang menyisakan struktur dalam fosil moluska. Penggantian fosil masih berlanjut menjadi proses penghablurulan yang merusak struktur dalam fosil. Penghablurulan yang terjadi di dalam batugamping Formasi Baturaja terjadi hanya pada komponen butiran karbonat atau dikenal sebagai penghablurulan dengan seleksi kemas (*fabric selective recrystallization*; Moore, 1997), yang terjadi

pada fase diagenesis penimbunan dangkal (*shallow burial diagenesis*; Smith & Simo, 1997).

Pada fase diagenesis, penimbunan tersebut di atas juga mengakibatkan pemampatan batuan dan berakhir pada saat batuan tersingkap. Proses pengekar dan penyesaran mikro akibat tektonik yang diikuti pengangkatan formasi masih terekam di beberapa sampel batuan. Rongga retakan, kekar, dan sesar mikro tersebut segera diisi oleh semen karbonat dari lingkungan meteorik freatik. Proses pelarutan pasca pengangkatan pada zona meteorik pada fase diagenesis penyingkapan batuan adalah pembentukan keporian tipe gerowong pelarutan (*vuggy*; Moore, 1997), tetapi tidak berpengaruh pada nilai keporian batuan yang masih berada di bawah permukaan.

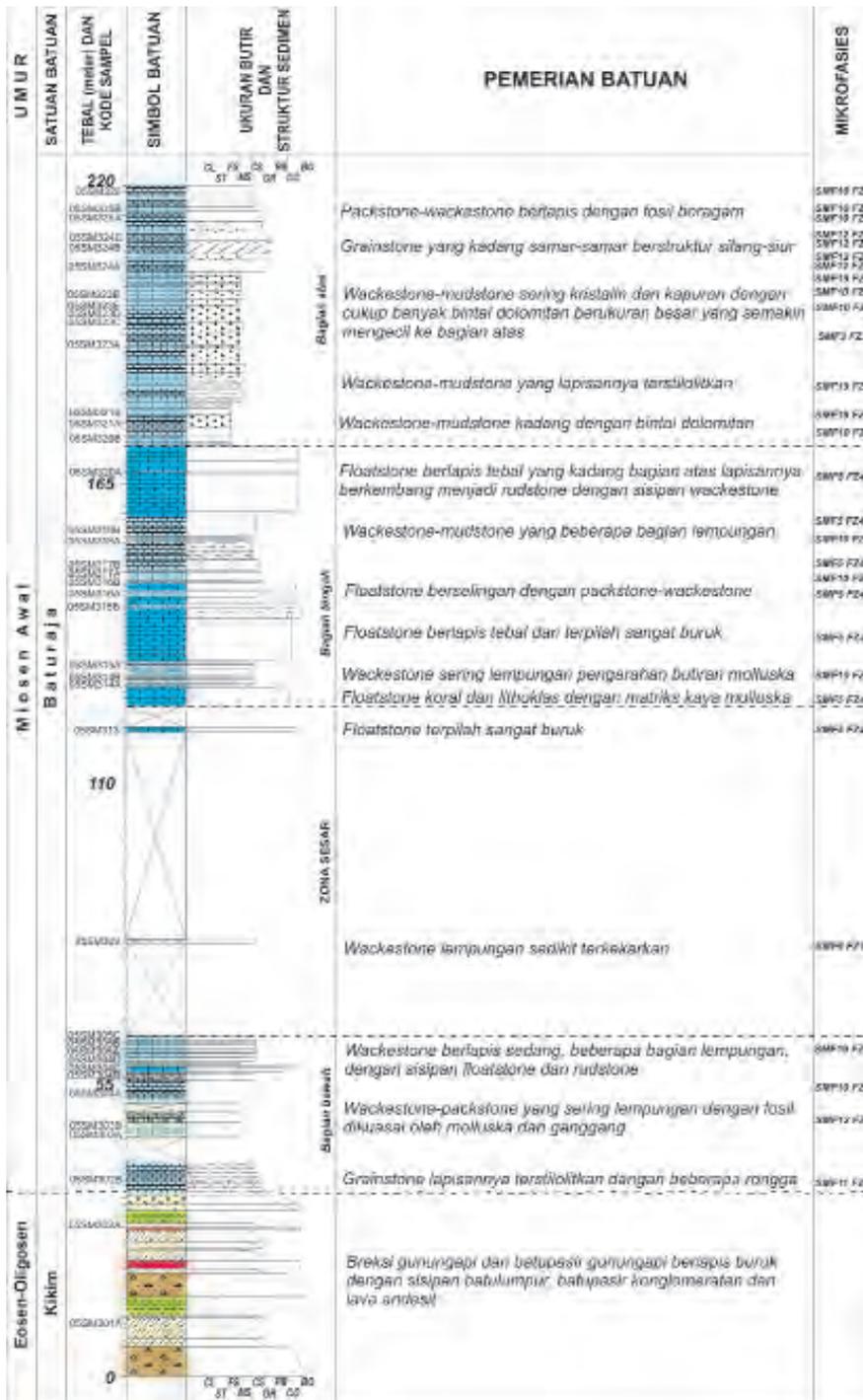
5. LINTASAN AIR RAMBANGNIA

1. Runtunan Stratigrafi

Lintasan Air Rambangnia telah diteliti oleh Maryanto (2007a; 2008; dan 2014b). Runtunan batuan sedimen yang dijumpai di Lintasan Air Rambangnia diawali oleh batuan sedimen Formasi Kikim, yang diikuti oleh batugamping Formasi Baturaja, dan sedikit batuan sedimen Formasi Muaraenim. Lapisan batuan secara umum miring landai ke timur (Gambar 7.29). Ketebalan total lapisan terukur mencapai 220 m, termasuk batugamping Formasi Baturaja yang tebalnya mencapai 196 m.

Batuan gunungapi penyusun Formasi Kikim hadir sebagai batuan alas runtunan stratigrafi di Lintasan Air Rambangnia. Batuannya berupa breksi gunungapi, batupasir gunungapi, batulumpur, batupasir konglomeratan, dengan sisipan lava andesit. Di atas batuan gunungapi Formasi Kikim tersebut tidak terendapkan batuan sedimen klastika Formasi Talangakar, tetapi langsung terendapkan secara tak selaras batugamping Formasi Baturaja (Gambar 7.30).

Bagian bawah batugamping Formasi Baturaja berupa batugamping bioklastika *grainstone* yang beberapa bagian mengandung rongga-rongga pelarutan. Perkembangan selanjutnya, batuan menjadi perlapisan batugamping bioklastika *wackestone-packstone* yang beberapa bagian lempungan dengan pengarah fosil moluska (Gambar 7.31) dan ganggang, dengan sisipan *floatstone* yang mengandung pengonggokan kerangka koral. Perselingan antara batugamping bioklastika *wackestone-packstone* dan batugamping lempungan (napal) yang lapisannya terstilolitkan, mengakhiri pengendapan bagian bawah Formasi Baturaja di Lintasan Air Rambangnia.



Sumber: Maryanto (2007a, 2008 & 2014b)

Gambar 7.30 Kolom Litostratigrafi Rinci di Lintasan Air Rambangnia, OKU Selatan, Sumatra Selatan

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2014b)

Gambar 7.31 Batugamping lempungan (napal) pejal mengandung cukup banyak cetakan moluska, merupakan penyusun bagian bawah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 303 (lihat Gambar 7.29), Lintasan Air Rambangnia.



Sumber: Maryanto (2014b)

Gambar 7.32 Batugamping bioklastika *floatstone* yang terpilah sangat buruk, merupakan penyusun bagian tengah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 314 (lihat Gambar 7.29), Lintasan Air Rambangnia.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Batugamping bioklastika *floatstone* (Gambar 7.32) merupakan penyusun bagian tengah batugamping Formasi Baturaja dan selanjutnya berkembang menjadi batugamping *wackestone* lempungan. Perulangan lapisan antara batugamping bioklastika *floatstone* yang menghalus menjadi batugamping bioklastika *wackestone-packstone* menguasai runtunan, yang kemudian lapisan batuan terpola menghalus menjadi batugamping bioklastika *wackestone-mudstone* yang kadang-kadang lempungan. Perkembangan runtunan selanjutnya menjadi batugamping bioklastika *floatstone* kembali.

Mengawali bagian atas batugamping Formasi Baturaja litologinya berupa batugamping bioklastika *wackestone-mudstone* berlapis yang beberapa lapisan terstilolitkan atau dengan bintal silikaan yang berukuran mencapai 80 cm (Gambar 7.33). Bintal silikaan ini kadang-kadang dengan pengarahannya yang sejajar dengan bidang perlapisan batuan (membentuk lensa-lensa) dan semakin mengecil ke bagian atas. Kenampakan singkapan batugamping di bagian lintasan ini sangat khas dan hingga sekarang penulis belum pernah menemukan kenampakan sejenis pada batugamping di Indonesia. Runtunan perlapisan batugamping tersebut tertindih oleh batugamping bioklastika *grainstone* (Gambar 7.34) yang berstruktur silang-siur planar dan berlapis susun. Runtunan batuan diakhiri oleh batugamping bioklastika *wackestone-packstone* yang kadang-kadang dengan rongga pelarutan.

Sebagian batugamping penyusun Formasi Baturaja tidak tersingkap di Lintasan Air Rambangnia, khususnya antara lokasi stasiun pengamatan 306–213. Di antara lokasi amat ini, beberapa titik tersingkap batuan sedimen klastika yang diduga merupakan penyusun Formasi Muaraenim, berupa batulempung gampingan mengandung bongkah batugamping. Tersingkapnya batuan penyusun Formasi Muaraenim di lokasi ini diakibatkan oleh sesar berarah U 33° T dengan pola gerakan yang tidak diketahui.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2014b)

Gambar 7.33 Singkapan batugamping *mudstone-wackestone* yang mengandung bintal silikaan, merupakan penyusun bagian atas Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 322 (lihat Gambar 7.29), Lintasan Air Rambangnia.



Sumber: Maryanto (2014b)

Gambar 7.34 Batugamping bioklastika *grainstone* yang menindih batugamping *mudstone-wackestone*, merupakan penyusun bagian atas Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 324 (lihat Gambar 7.29), Lintasan Air Rambangnia.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

2. Petrografi

Sejumlah 34 sampel batugamping penyusun Formasi Baturaja telah diambil secara berurutan dari bagian terbawah runtunan stratigrafi di Lintasan Air Rambangnia untuk diuji petrografi. Pengujian petrografi dilakukan dengan mikroskop polarisasi yang dilengkapi *point counter* untuk menghitung komponen batuan secara kuantitatif dan kamera mikroskop untuk pembuatan mikrofoto. Berdasarkan hasil uji petrografi rinci yang telah dilakukan, batugamping yang ada di lintasan tersebut terdiri atas batugamping bioklastika *wackestone*, batugamping bioklastika *packstone*, batugamping bioklastika *packstone* pasiran, batugamping bioklastika *grainstone*, batugamping bioklastika *wackestone/floatstone*, dan batugamping bioklastika *packstone/floatstone*. Pada tiap-tiap batuan hasil analisis petrografi dicantumkan jumlah dan jenis komponen penyusun batuan yang akan dipakai sebagai dasar penentuan mikrofases batuan (Tabel 7.2).

Batugamping Bioklastika Wackestone

Kelompok batugamping bioklastika *wackestone* ini termasuk pula batugamping bioklastika *wackestone* pasiran dan batugamping *mudstone* yang berselingan dengan batugamping bioklastika *wackestone*, tetapi tidak dibuat sayatan pipih. Batuan pada umumnya pejal dengan tekstur bioklastika fragmental halus. Bioklastika selalu hadir dan terdiri atas fosil beragam jenis, ukuran, dan jumlahnya. Meskipun demikian, jenis fosil yang menguasai batuan dapat diidentifikasi, seperti moluska, ganggang merah, dan foraminifera. Intraklastika atau ekstraklastika hadir sangat terbatas, begitu pula dengan pelet. Butiran terigen masih hadir pada beberapa sampel batuan dengan jumlah terbatas dan tersebar tidak merata, yang terdiri atas kuarsa, feldspar, kepingan batuan gunungapi, kepingan batuan sedimen khususnya batulempung argilit, kepingan batuan tak terperi, fosfat, dan glaukonit. Matriks lumpur karbonat sering kali telah tergantikan menjadi mikrosparit, bahkan beberapa telah terhablur ulang membentuk pseudosparit bersama-sama dengan butiran karbonat. Pada umumnya, matriks mineral lempung tidak terpisahkan dengan lumpur karbonat. Material penyemen selalu hadir di dalam batuan dengan jumlah sangat terbatas, terutama adalah orthosparit, oksida besi, lempung authigenik, dan silika.

Batugamping Bioklastika Packstone

Batugamping bioklastika *packstone* pada umumnya pejal dengan tekstur bioklastika fragmental halus hingga sedang. Bioklastika terdiri atas fosil beragam jenis, ukuran, dan jumlahnya, tetapi masih dikuasai oleh moluska, ganggang merah, dan foraminifera. Intraklastika atau ekstraklastika hadir pada batugamping

yang berukuran agak kasar, tersebar tidak merata, dan terdiri atas batugamping terumbu, batugamping bioklastika, dan batugamping lumpuran. Pelet hadir terbatas berukuran sangat halus yang kadang-kadang tergantikan. Butiran terigen masih hadir tersebar tidak merata dan berjumlah terbatas, atau kadang-kadang berjumlah cukup melimpah hingga memengaruhi penamaan batuan menjadi pasir. Matriks yang terutama adalah lumpur karbonat yang sering kali telah tergantikan menjadi mikrosparit dan terhablur ulang membentuk pseudosparit bersama-sama dengan butiran karbonat. Penyemen selalu hadir di dalam batuan dengan jumlah beragam, berupa orthosparit dan sangat jarang oksida besi.

Batugamping Bioklastika Grainstone

Kelompok batugamping bioklastika *grainstone* pada umumnya pejal dengan tekstur bioklastika fragmental sedang hingga kasar. Bioklastika cukup dominan di dalam batuan yang terdiri atas fosil beragam jenis, ukuran, dan jumlahnya. Intraklastika atau ekstraklastika hadir di beberapa batuan, khususnya pada batugamping yang berukuran lebih kasar, tersebar tidak merata, dan terdiri atas batugamping terumbu, batugamping bioklastika, dan batugamping lumpuran. Pelet hadir sangat jarang. Butiran terigen hadir di bagian atas runtunan batuan, berjumlah terbatas, tersebar kurang merata, dan terdiri atas kuarsa, feldspar, kepingan batuan gunungapi, kepingan batuan sedimen khususnya batulempung argilit, kepingan batuan malihan, kepingan batuan tak terperi, sangat jarang glaukonit, fosfat, mika, dan mineral opak. Penyemen selalu hadir di dalam batuan dengan jumlah beragam, berupa orthosparit, oksida besi, lempung authigenik, dan silika. Kebanyakan orthosparit yang hadir adalah orthosparit dari lingkungan meteorik freatik, diikuti orthosparit lingkungan laut, dan orthosparit lingkungan penimbunan. Oksida besi jumlahnya terbatas mengisi rongga dan retakan di dalam batuan. Mineral lempung authigenik terkonsentrasi sebagai pengisi rongga pelarutan. Silika yang berupa kuarsa, feldspar, dan zeolit yang hadir dari lingkungan meteorik freatik pasca-penyemenan oleh orthosparit.

Batugamping Bioklastika Floatstone

Batugamping bioklastika *floatstone* pada umumnya pejal dengan tekstur bioklastika fragmental kasar, baik dengan kemas tertutup maupun kemas terbuka. Bioklastika selalu hadir dan terdiri atas fosil beragam jenis, ukuran, dan jumlahnya. Intraklastika atau ekstraklastika hadir di beberapa batuan, tersebar tidak merata, dan terdiri atas batugamping terumbu, batugamping bioklastika, dan batugamping lumpuran. Butiran terigen masih hadir meskipun jumlahnya terbatas dan tersebar tidak merata. Matriks lumpur karbonat sering kali telah

tergantikan menjadi mikrosparit. Penyemen hadir terbatas di sela-sela butiran maupun di dalam butiran.

3. Mikrofases

Interpretasi mikrofases batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Rambangnia ini dibagi menurut penggolongan standar mikrofases dan zona fases menurut Flugel (1982) dan Wilson (1975). Sebagai pembanding, diacu pula dari beberapa penulis yang membahas tentang mikrofases dan lingkungan pengendapan batugamping, seperti Andreeva (2008), Jones dan Desrochers (1992), Kindler dan Hearty (1996), Read (1985), serta Tucker dan Wright (1990).

Pada umumnya, batugamping bioklastika *wackestone* mempunyai tekstur inversi, yaitu butiran kasar yang terjebak di dalam matriks lumpur karbonat dan butirannya telah tercuci dengan fosil beragam. Batugamping yang demikian ini terendapkan di lingkungan cekungan lokal belakang terumbu (*local slopes*; SMF10-FZ7). Jenis batugamping yang berada di fases pengendapan ini termasuk pula batugamping kaya material lempung hingga beberapa batugamping bioklastika *packstone*.

Selain berada di cekungan lokal belakang terumbu, batugamping bioklastika *wackestone*, boleh jadi juga terbentuk di fases pengendapan teluk atau kubangan di dekat pantai yang dimensinya terbatas (*very restricted bays and ponds*; SMF19-FZ8). Karakter batugamping yang berada di fases pengendapan ini adalah keberadaan keporian tipe fenestral sebagai akibat pasang-surut (Tucker & Wright, 1990).

Dengan ukuran butiran yang lebih kasar, batugamping bioklastika *packstone* dapat terendapkan di fases pengendapan yang lain. Batugamping bioklastika *packstone*, beberapa kasus dapat berkembang menjadi *grainstone* hingga *rudstone*, dapat diinterpretasikan sebagai hasil pengendapan di fases tepi lerengan dan landaian (*slopes and shelf edges*; SMF12-FZ6), apabila bioklastika yang hadir ganggang merah saja, dengan proses pencucian fosil yang cukup baik. Proses pencucian butiran karbonat yang terbaik berada di fases pengendapan paparan tertampi (*winnowed platform edge sands*; SMF11-FZ6) yang berada di atas dasar gelombang. Batuanya berkembang menjadi batugamping bioklastika *grainstone* yang bebas dari matriks lumpur karbonat.

Batugamping bioklastika *packstone* dapat diinterpretasikan sebagai endapan sayap terumbu (*reef flank*; SMF5-FZ4) apabila bioklastika yang hadir kebanyakan berasal dari rombakan inti terumbu, seperti koral dan bryozoa (Read, 1985). Batugamping bioklastika *packstone* yang diinterpretasikan sebagai endapan sayap terumbu dapat berkembang menjadi batugamping bioklastika *floatstone* yang masih mengandung matriks lumpur karbonat.

Interpretasi mikrofases ini dapat dilakukan pada tiap-tiap sampel batugamping yang diuji petrografi. Hasil interpretasi mikrofases dapat digunakan untuk melacak kembali perkembangan fasies pengendapan suatu formasi batugamping, dalam hal ini adalah Formasi Baturaja di Lintasan Air Rambangnia, secara stratigrafi dari yang tertua hingga termuda.

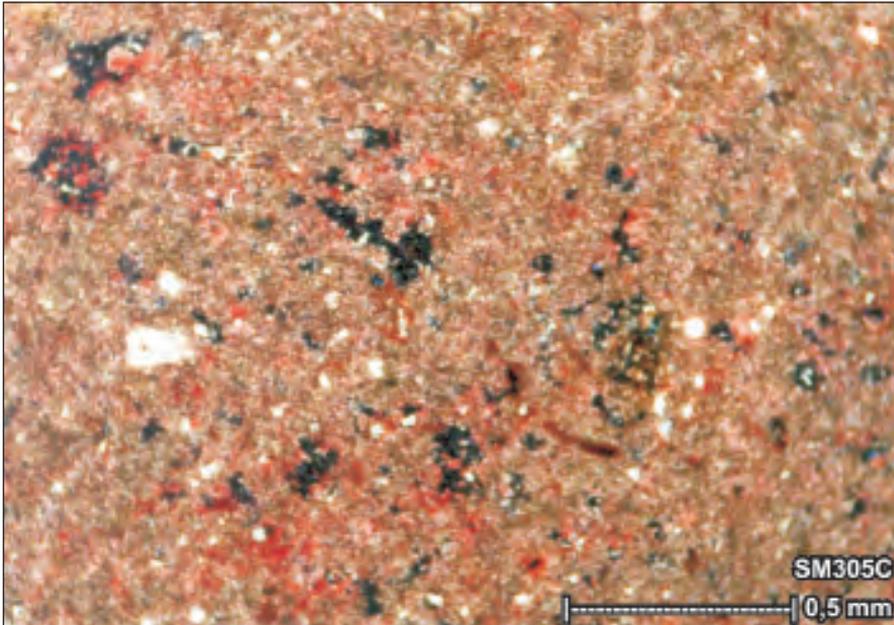
4. Diskusi

Berdasarkan data pengujian petrografi dapat diketahui karakter tiap-tiap sampel yang dapat dirunut sesuai dengan urutan stratigrafinya.

Di atas batuan gunungapi Formasi Kikim terendapkan secara tak selaras batugamping Formasi Baturaja, sedangkan batuan sedimen klastika Formasi Talangakar tidak terendapkan di lintasan ini (Sukandi dkk., 2006). Bagian terbawah batugamping Formasi Baturaja diawali oleh batugamping bioklastika *grainstone* yang diendapkan di lingkungan pengendapan paparan tertampi (*winnowed platform carbonates* menurut Wilson, 1975) yang berada di atas gelombang (SMF11-FZ6). Wilayah ini sangat dekat dengan pantai, yang mana fase susut laut dicirikan dengan keberadaan material lempungan (Andreeva, 2008) sehingga fasies menjadi teluk atau kubangan yang sangat terbatas (SMF19-FZ8). Sehubungan dengan proses genang laut dan susut laut, lingkungan pengendapan bersiklus dari lingkungan pengendapan teluk atau kubangan yang sangat terbatas (SMF19-FZ8; Gambar 7.35) hingga lingkungan cekungan lokal belakang terumbu (SMF10-FZ7; Gambar 7.36). Lingkungan pengendapan ini dicirikan dengan keberadaan perlapisan batugamping bioklastika *wackestone-packstone* yang beberapa bagian lempungan dan bersisipan batugamping bioklastika *floatstone*.

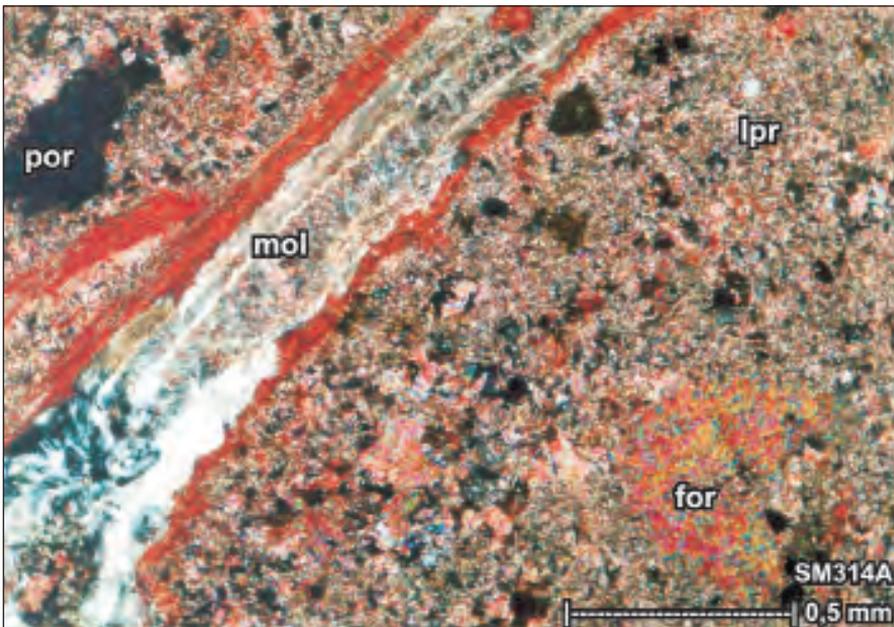
Proses genang laut yang cukup nyata mengawali pengendapan bagian tengah batugamping Formasi Baturaja yang diawali dengan batugamping bioklastika *floatstone* dari lingkungan pengendapan sayap terumbu (SMF5-FZ4; Gambar 7.37 dan 7.38). Lingkungan pengendapan ini sangat dominan di bagian tengah runtunan batugamping. Lingkungan pengendapan ini secara berulang bergantian dengan lingkungan pengendapan cekungan lokal belakang terumbu (SMF10-FZ7; Wilson, 1975) dengan litologi batugamping bioklastika *wackestone-packstone*.

Lingkungan pengendapan cekungan lokal belakang terumbu (SMF10-FZ7) dengan litologi ini berlanjut terus hingga bagian atas batugamping Formasi Baturaja diawali oleh keberadaan batugamping bioklastika *wackestone-mudstone*. Fase susut laut di daerah penelitian menyebabkan lingkungan pengendapan berkembang menjadi lingkungan pengendapan teluk atau kubangan yang sangat terbatas (SMF19-FZ8; Flugel, 1982) hingga menjadi lingkungan pengendapan tepi



Sumber: Maryanto (2014b)

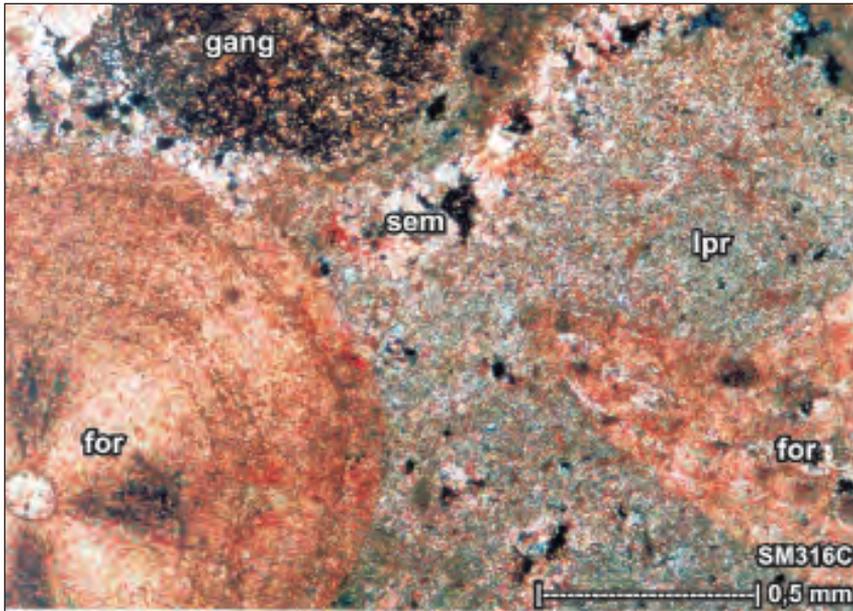
Gambar 7.35 Batugamping bioklastika *wackestone* (kode sampel SM305C, lihat Gambar 7.30) dengan ukuran butir sangat halus, yang mencirikan SMF19-FZ8 pada daerah teluk atau kubangan yang sangat terbatas.



Sumber: Maryanto (2014b)

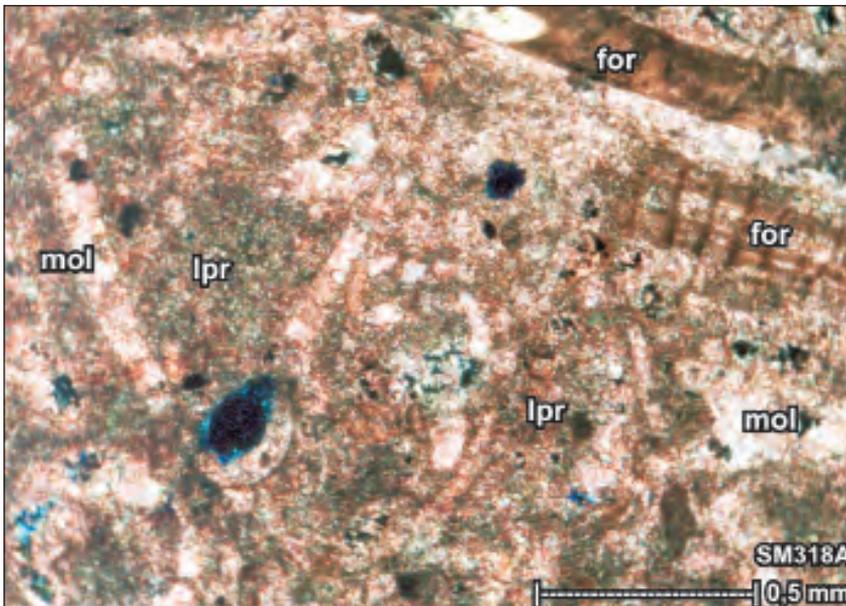
Gambar 7.36 Batugamping bioklastika *wackestone* (kode sampel SM314A, lihat Gambar 7.30) dengan bioklastika moluska kasar yang telah tercuci, mencirikan SMF10-FZ7 pada cekungan lokal belakang terumbu.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2014b)

Gambar 7.37 Batugamping bioklastika *packstone/floatstone* (kode sampel SM316A, lihat Gambar 7.30) dengan beragam bioklastika, mencirikan SMF5-FZ4 pada daerah sayap terumbu.



Sumber: Maryanto (2014b)

Gambar 7.38 Batugamping bioklastika *packstone* (kode sampel SM318A, lihat Gambar 7.30) dengan beragam bioklastika berasal dari daerah terumbu, mencirikan SMF5-FZ4 pada daerah sayap terumbu.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

lerengan atau landaian karbonat (SMF12-FZ6; Andreeva, 2008; Gambar 7.39) dengan litologi batugamping bioklastika *grainstone* berstruktur silang-siur planar dan berlapis susun (Bathurst, 1975; Kendall, 2005). Runtunan batuan diakhiri oleh lingkungan pengendapan cekungan lokal belakang terumbu (SMF10-FZ7; Gambar 7.40) dengan litologi batugamping bioklastika *wackestone-packstone*.

Pada saat itu, kompleks terumbu jauh berada di sebelah timur daerah penelitian, dengan keadaan paleogeografi menunjukkan bahwa tinggian berada di bagian barat laut, sedangkan cekungan pengendapan berada di bagian tenggara (Maryanto, 2005). Dengan berlalunya waktu, masih dalam kisaran umur Oligosen Akhir, keadaan daerah penelitian, karena pengaruh genang laut, berubah menjadi terumbu belakang (*back reef*). Batuan yang terbentuk sudah dikuasai oleh batugamping. Beberapa lingkungan pengendapan yang berbeda teramati pada segmen ini.

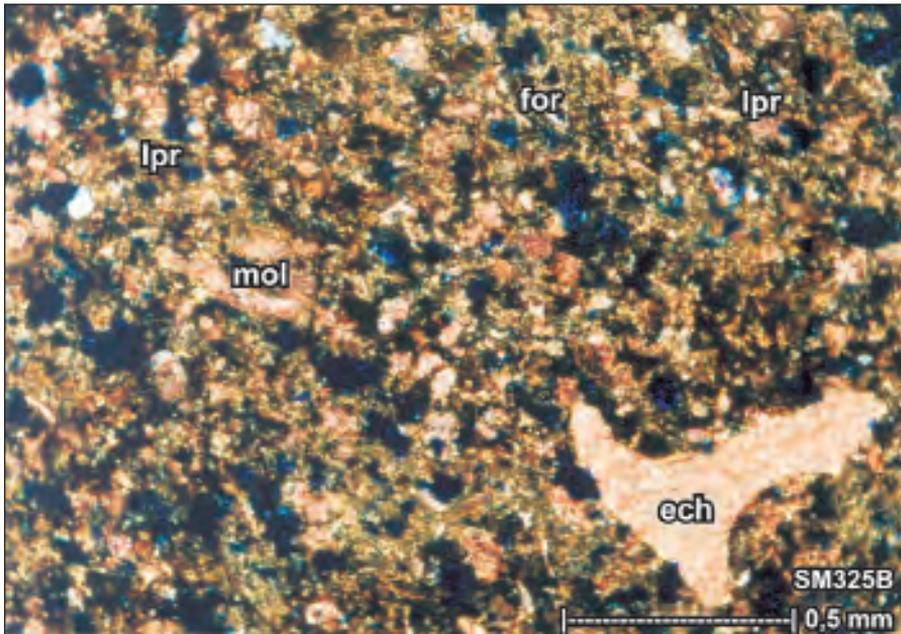
Batugamping Formasi Baturaja mulai terendapkan pada Kala Miosen Awal, dicirikan oleh keberadaan batugamping *grainstone*. Perkembangan berikutnya batuan menjadi beragam, tetapi dapat dikatakan bahwa semua batuan tersebut masih mempunyai persamaan komponen. Komponen batuan sangat dikuasai oleh butiran karbonat, khususnya bioklastika (Gambar 7.41). Komponen bioklastika



Sumber: Maryanto (2014b)

Gambar 7.39 Batugamping bioklastika *grainstone* (kode sampel SM324B, lihat Gambar 7.30) dengan beragam bioklastika pada semen karbonat, mencirikan SMF12-FZ6 pada daerah tepi lerengan atau landaian.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

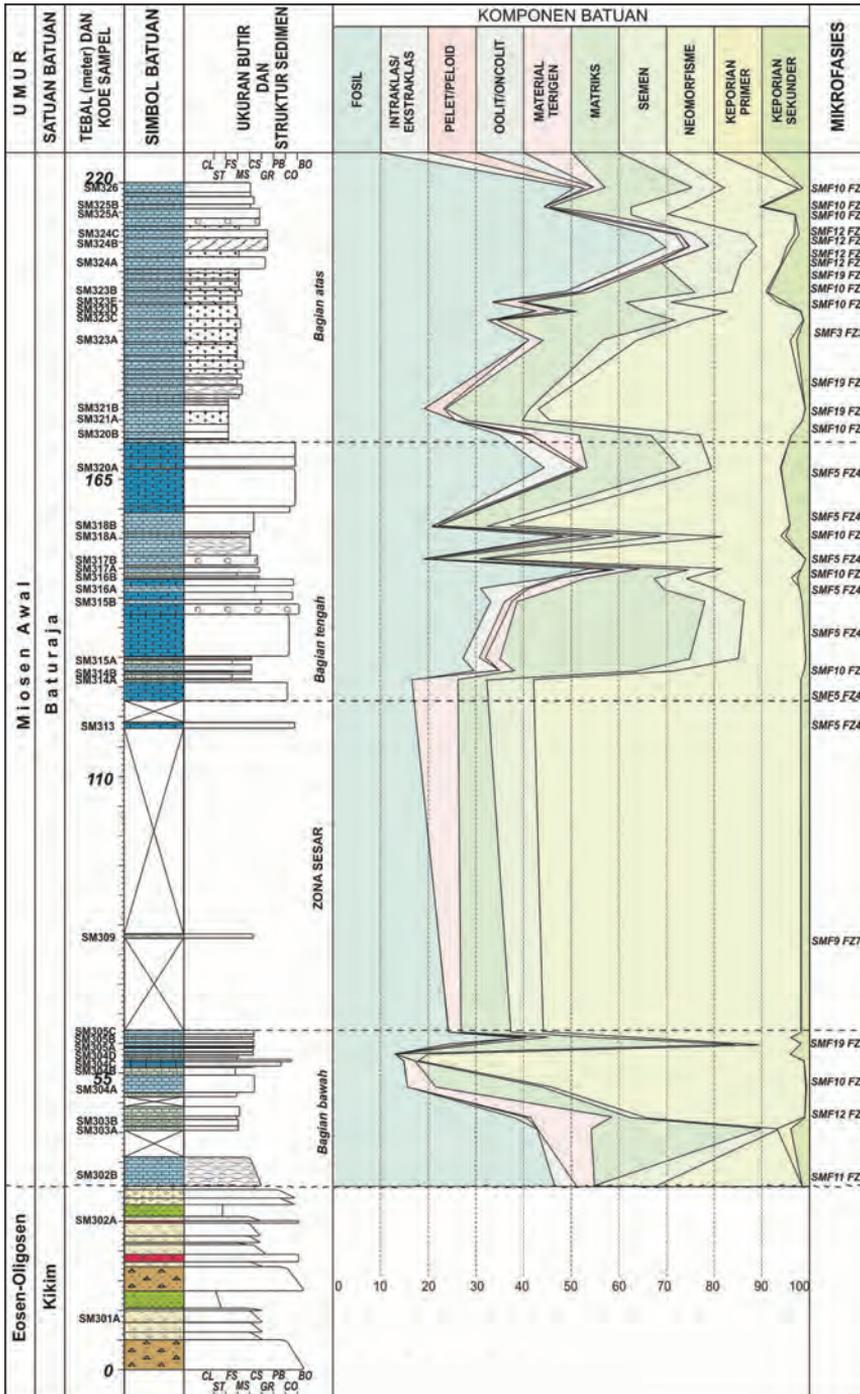


Sumber: Maryanto (2014b)

Gambar 7.40 Batugamping bioklastika *packstone* (kode sampel SM325B, lihat Gambar 7.30) dengan bioklastika telah tercuci, mencirikan SMF10-FZ7 pada cekungan lokal belakang terumbu.

atau fosil batuan ini dikuasai oleh foraminifera besar bentonik, ganggang merah, dan moluska yang tersebar tidak teratur berupa fosil pecah (Gambar 7.42). Tanda-tanda pengeboran dan galian organisme (bioturbasi) sering muncul di batuan ini. Material terigen juga masih hadir meskipun jumlahnya sangat terbatas. Ciri seperti ini mencerminkan lingkungan air dangkal dengan sirkulasi terbuka (*shallow water with open circulation*; Jones & Desrochers, 1992) pada wilayah terumbu belakang.

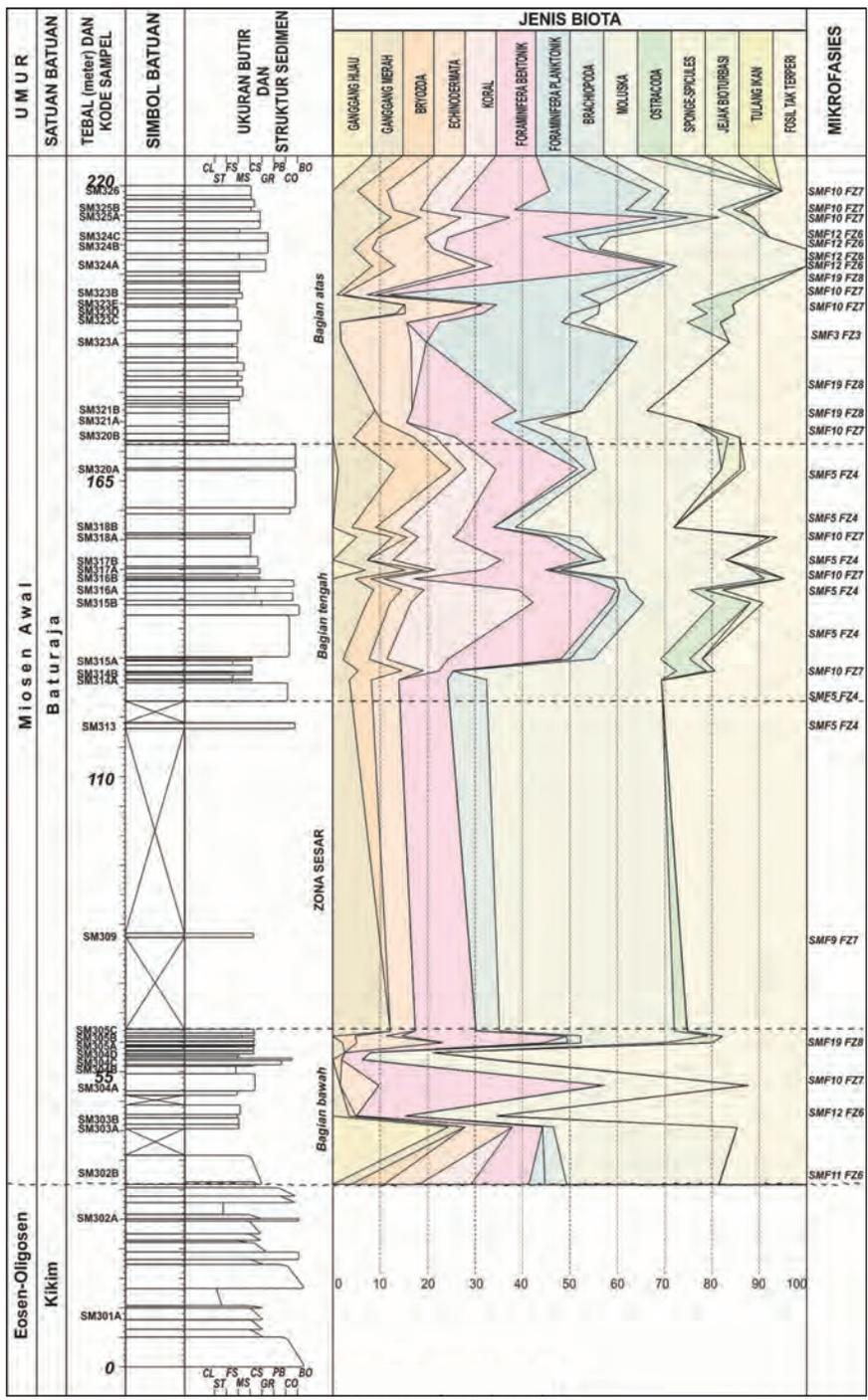
Perkembangan lingkungan pengendapan antarwaktu yang membentuk batugamping Formasi Baturaja terlihat pada Gambar 7.43. Lingkungan pengendapan batugamping Formasi Baturaja di lintasan penelitian beragam dari daerah teluk atau kubangan yang sangat terbatas (SMF19-FZ8), cekungan lokal terumbu belakang (SMF10-FZ7), tepi lerengan atau landaian (SMF12-FZ6), paparan tertampi (SMF11-FZ6), hingga sayap terumbu (SMF5-FZ4). Secara umum, lingkungan pengendapan tersebut berkondisi genang laut, yang dicirikan dengan perubahan kedudukan mikrofasis yang semakin menjauh dari teluk atau kubangan yang semakin jauh dan dalam menjadi daerah sayap terumbu. Fase pengendapan tersebut masih berlangsung terus hingga selama Miosen Awal (Maryanto, 2007a), yang kemudian ditindih secara selaras oleh Formasi Gumai.



Sumber: Maryanto (2014b)

Gambar 7.41 Komponen Penyusun Batuan pada Analisis Petrografi Batugamping dari Formasi Baturaja di Lintasan Air Rambangnia, OKU Selatan, Sumatra Selatan

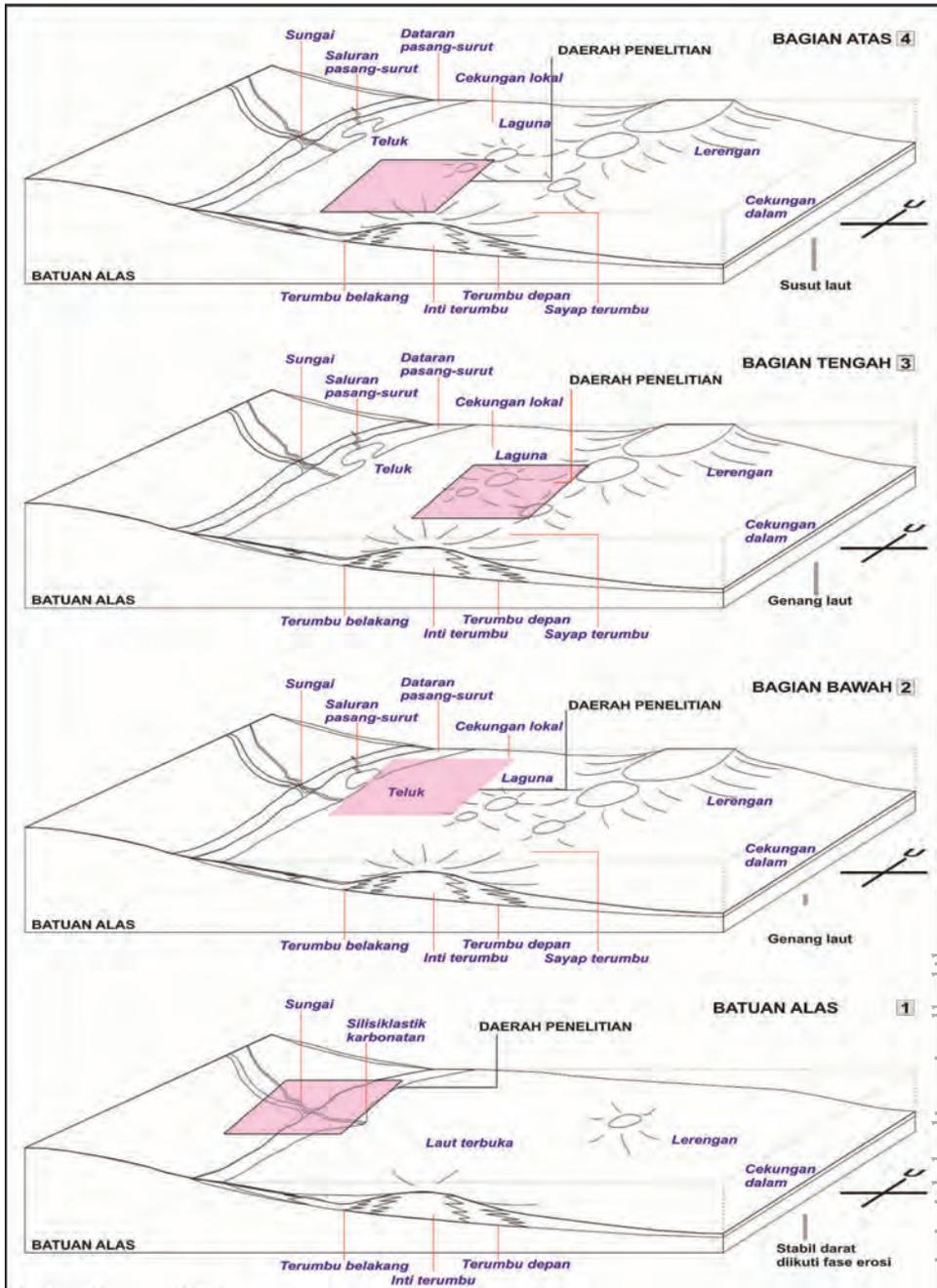
Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2014b)

Gambar 7.42 Persentase Perbandingan Bioklastika (Fosil) Berdasarkan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Rambangnia, OKU Selatan, Sumatra Selatan

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2014b)

Gambar 7.43 Perkembangan Lingkungan Pengendapan Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Rambangnia, OKU Selatan, Sumatra Selatan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

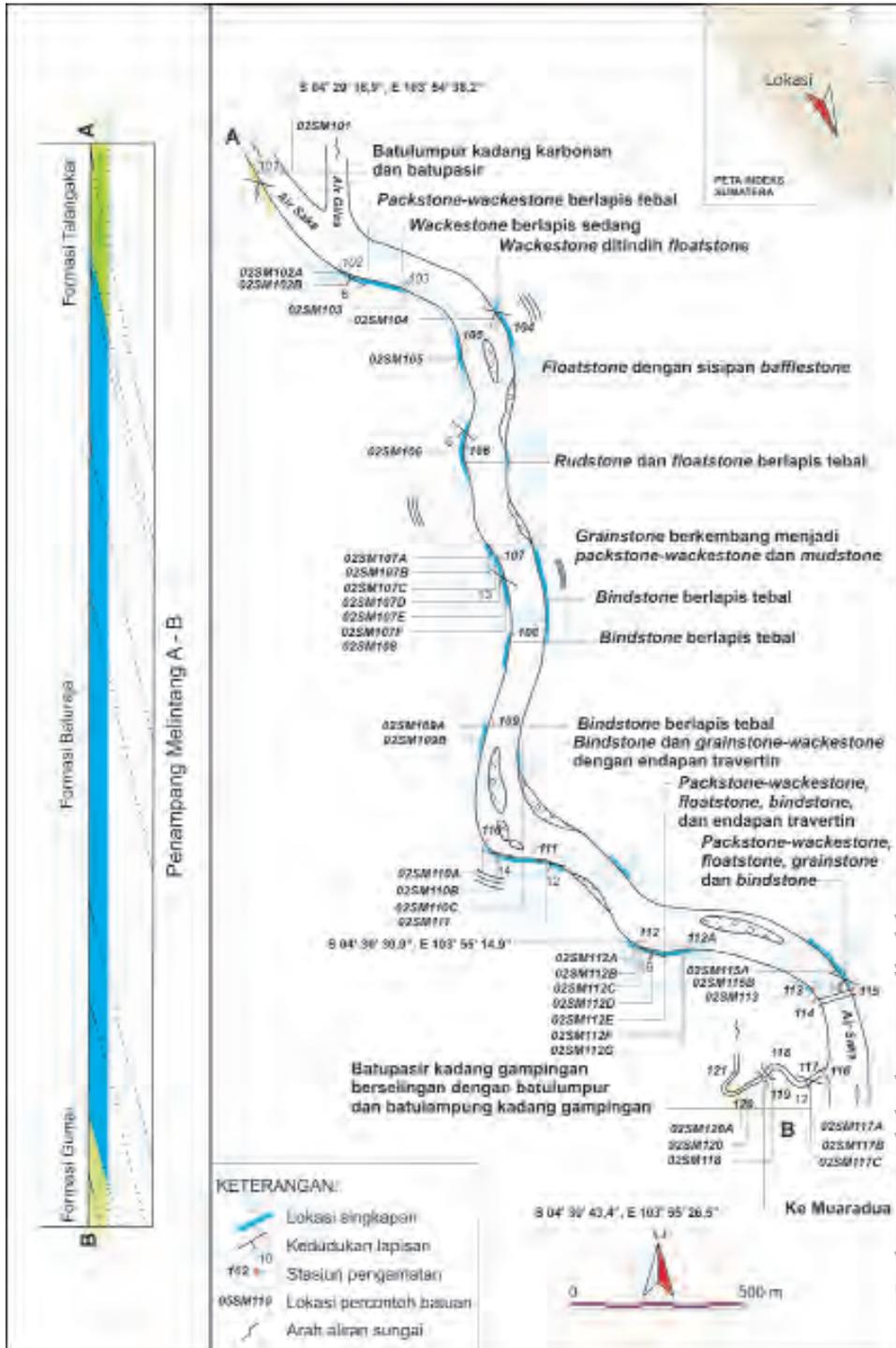
Berdasarkan runtunan pengendapan tersebut di atas, dapat diyakini bahwa lingkungan pengendapan yang membentuk batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Rambangnia, tidak pernah menjadi laut dalam atau berupa wilayah terumbu depan (*fore-reef*). Kedudukan wilayah terumbu depan diduga jauh berada di sebelah timur hingga tenggara lintasan penelitian, yang sesuai dengan keadaan geologi regional Pulau Sumatra pada saat itu, yang mana daerah penelitian merupakan cekungan busur belakang gunungapi. Dalam hal ini, lintasan penelitian merupakan tepi cekungan yang berbatasan dengan wilayah daratan, yang pada saat itu ditempati oleh batuan-batuan pra-Tersier dan sekarang dikenal dengan Pegunungan Garba.

6. LINTASAN AIR SAKA

a. Runtunan Stratigrafi

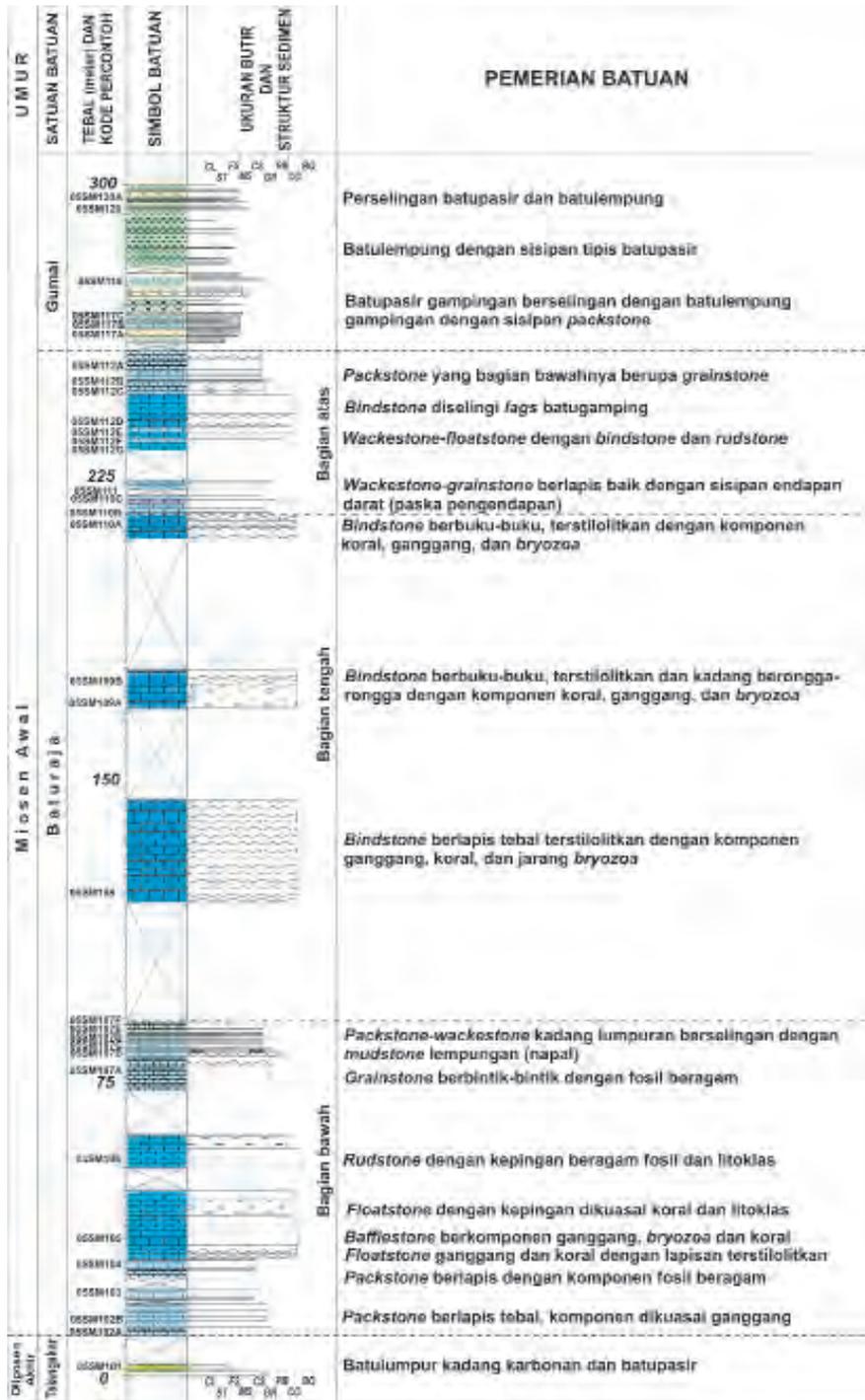
Menurut Maryanto (2007b) Lintasan Air Saka merupakan alur sungai sepanjang sekitar 3,6 km yang berarah utara-selatan (Gambar 7.44). Singkapan batuan dijumpai terbatas karena tertutup oleh aluvium. Ketebalan total lapisan batuan terukur di lintasan ini mencapai 300 m, termasuk batugamping Formasi Baturaja yang berketebalan mencapai 247 m (Gambar 7.45). Singkapan batuan diawali oleh batuan sedimen klastika Formasi Talangakar. Hubungan langsung batuan sedimen klastika Formasi Talangakar dengan bagian bawah batugamping Formasi Baturaja diduga selaras (Maryanto dkk., 2005).

Bagian bawah Formasi Baturaja di lintasan Air Saka diawali oleh *packstone* yang terpilah buruk dengan pengarah butiran ganggang berukuran mencapai 5 cm, dengan tebal lapisan 100–180 cm. *Packstone* ini berkembang menjadi *wackestone* dengan tebal lapisan 10–200 cm, selanjutnya mengasar menjadi *floatstone* yang pada beberapa lapisan terlihat terstilolitkan, terpilah sangat buruk, mengandung kepingan koral dan lithoklas yang berukuran mencapai 40 cm, dengan tebal lapisan 180–450 cm. Di antara lapisan *floatstone* ini, tersisip *bafflestone* yang komponen biota utamanya adalah ganggang, koral dan bryozoa, matriks lumpuran dengan tebal lapisan 340 cm. Sisipan lainnya adalah *rudstone* berkomponen koral, bryozoa, dan lithoklas yang berukuran mencapai 80 cm dengan tebal lapisan 460 cm. Bagian bawah batugamping Formasi Baturaja diakhiri oleh rangkaian lapisan batugamping bioklastika halus hingga sedang. Runtunan batuan diawali oleh *grainstone* berlapis dengan ketebalan 100–650 cm, diikuti *packstone-wackestone* berstruktur galian organisme datar dan tebal lapisan 10–80 cm. *Packstone-wackestone* ini kadang disisipi oleh *mudstone* lumpuran dengan tebal lapisan 10–70 cm (Gambar 7.46).



Sumber: Maryanto (2007b)

Gambar 7.44 Peta Pengukuran Stratigrafi Rinci di Lintasan Air Saka, Sumatra Selatan



Sumber: Maryanto (2007b)

Gambar 7.45 Kolom Stratigrafi Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka, OKU Selatan, Sumatra Selatan

Buku ini tidak diperjualbelikan.



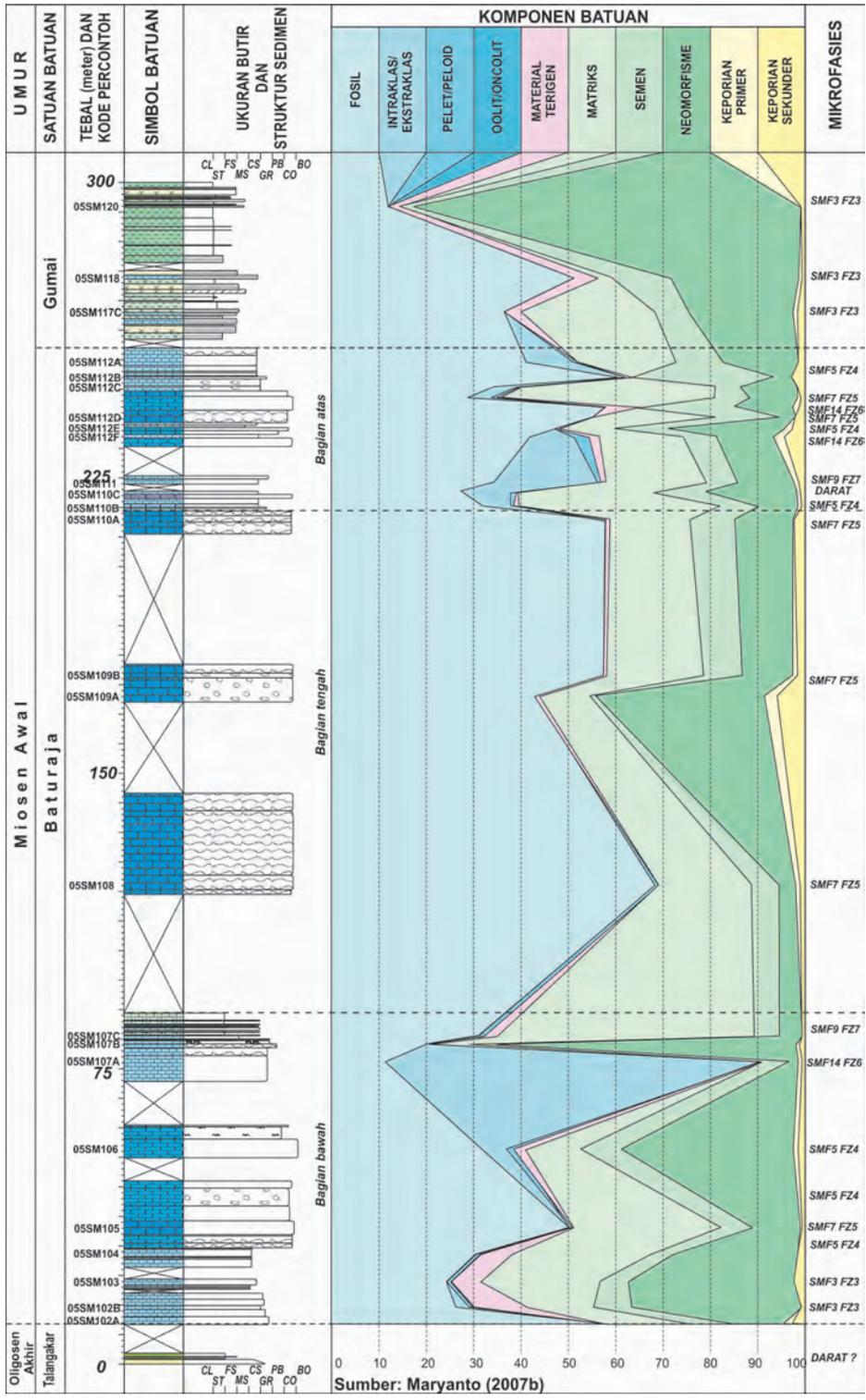
Sumber: Maryanto (2007b)

Gambar 7.46 Lapisan *wackestone* disisipi oleh *mudstone*, merupakan penyusun bagian bawah Formasi Baturaja. Lokasi 107, lihat Gambar 7.44, Lintasan Air Saka.

Bagian tengah batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka tersingkap sangat terbatas. Batuan berupa *bindstone* yang berstruktur berbuku-buku, terstilolitkan, dengan tebal lapisan 120–2.500 cm. Fragmen koral, ganggang, dan bryozoa mendominasi bagian ini. Ke bagian atas, batuan masih berupa *bindstone*, berbuku-buku terstilolitkan dan termampatkan, komponen koral, ganggang, jarang bryozoa dan fosil lain pada matriks dengan tebal lapisan 120–330 cm.

Bagian atas batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka diawali oleh perlapisan batugamping *wackestone-grainstone* berlapis sedang hingga tebal 40–140 cm (Gambar 7.47). *Wackestone* tersebut kadang berkembang menjadi *floatstone* dengan pengarah butiran yang bagian atas lapisannya berkembang menjadi *grainstone*. Di antara perlapisan itu, tersisip *rudstone* dengan ketebalan lapisan beragam hingga mencapai 360 cm. Sisipan lainnya adalah *bindstone* dengan tebal lapisan 80–320 cm. Runtunan *wackestone-packstone* tersebut mengakhiri pengendapan Formasi Baturaja di lintasan Air Saka.

Secara selaras di atas batugamping Formasi Baturaja terendapkan batuan sedimen klastika halus penyusun Formasi Gumai. Runtunan batuan berupa batupasir gampingan halus hingga sangat halus, berstruktur perarian sejajar, dengan tebal lapisan 80–180 cm. Batuan tersebut bersisipan batulumpur



Sumber: Maryanto (2007b)

Sumber: Maryanto (2007b)
 Gambar 7.48 Ringkasan komponen petrografi penyusun batugamping Formasi Batujaya di lintasan Air Saka, OKU Selatan, Sumatera Selatan berdasarkan data petrografi



Sumber: Maryanto (2007b)

Gambar 7.47 Singkapan *packstone* yang berlapis sedang hingga tebal, merupakan penyusun bagian atas Formasi Baturaja. Lokasi 112, lihat Gambar 7.44, Lintasan Air Saka.

gampingan berstruktur perarian sejajar dengan tebal sisipan 40–80 cm. Runtunan selanjutnya berupa batulempung berketebalan lapisan 20–180 cm, berselingan dengan batupasir halus hingga sangat halus, berstruktur perarian sejajar dan silangsiur, dan berketebalan lapisan 20–140 cm. Sisipan *packstone-wackestone* formasi Baturaja masih hadir di antara perlapisan batuan sedimen klastika tersebut, berstruktur perarian sejajar, mengandung berlimpah fosil foraminifera, dengan tebal lapisan 20–100 cm.

b. Petrografi

Sejumlah 28 sampel terpilih batugamping telah diambil dari Lintasan Air Saka untuk diuji secara petrografi. Berdasarkan hasil uji petrografi rinci yang telah dilakukan, terlihat bahwa batugamping di lintasan ini dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis, yaitu *bioclastic wackestone*, *clayey bioclastic wackestone*, *bioclastic packstone*, *grainstone*, *bioclastic wackestone/floatstone*, *bioclastic packstone/floatstone*, dan *boundstone* (Tabel 7.3). Komponen butiran karbonat hadir dengan jumlah cukup banyak di setiap sampel batuan, terdiri atas bioklastika, intraklastika, dan sangat jarang pelet dan oolit.

Komponen bioklastika selalu hadir di seluruh sampel batugamping dengan jumlah cukup berarti. Jenis, ukuran, dan jumlah komponen bioklastika ini cukup beragam. Meskipun demikian, jenis fosil yang menguasai batuan, seperti moluska, ganggang merah, foraminifera, dan koral dapat diidentifikasi. Jenis fosil lain hanya sebagai pengikat yang jumlahnya kurang berarti.

Komponen intraklastika hadir di beberapa batuan, terutama batugamping yang berukuran sedang hingga kasar. Komponen ini berukuran kasar, tersebar tidak merata, dan terdiri atas batugamping terumbu, batugamping bioklastika, dan batugamping lumpuran. Komponen pelet hadir dengan jumlah sangat terbatas meskipun hampir selalu dijumpai di semua batuan dan komponen oolit sangat langka dijumpai di dalam batuan. Pelet tersebut berupa butiran sangat halus yang kadang-kadang tergantikan.

Butiran terigen masih hadir pada beberapa sampel batuan dengan jumlah terbatas dan tersebar tidak merata. Butiran ini terdiri atas kuarsa, feldspar, kepingan batuan gunungapi, kepingan batuan sedimen argilit, kepingan batuan malihan, kepingan batuan tak terperikan, glaukonit, fosfat, mika, mineral opak bijih, dan kepingan tumbuhan.

Matriks batuan hadir berupa lumpur karbonat dan kadang-kadang bercampur tidak terpisahkan dengan matriks mineral lempung. Meskipun demikian, pada beberapa sampel terlihat bahwa mineral lempung tersebut telah tersegregasi akibat diagenesis, atau telah teroksidasi.

Material penyemen selalu hadir di dalam batuan dengan jumlah sangat beragam. Penyemen utama batuan adalah ortosparit yang berasal dari berbagai lingkungan pembentukan. Penyemen lainnya berjumlah terbatas adalah oksida besi terutama mengisi rongga dan retakan batuan, mineral lempung authigenik, silika kuarsa, feldspar, dan zeolit.

Material sekunder hasil neomorfisme, yaitu penggantian, penghablurulan, dan pendolomitan, selalu hadir di dalam batuan dengan jumlah sangat beragam sesuai dengan intensitas diagenesis. Komponen ini terdiri atas mikrosparit, sparit semu, dolomit, lumpur pemikritan, bercampur pirit.

Keporian batuan hadir bernilai buruk hingga sangat buruk. Jenis keporian primer yang teramati adalah antartartikel, dalam partikel, pertumbuhan terumbu (*growth framework*), *fenestral*, dan *shelter*. Jenis keporian sekunder yang sering hadir adalah gerowong (*vug*), cetakan, retakan, dan antarthablur.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

c. Mikrofasis

Bagian bawah Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka diawali oleh *packstone* yang terendapkan di lingkungan sayap terumbu. *Packstone* ini berkembang menjadi *wackestone* dari lingkungan lerengan lokan terumbu belakang, hingga *floatstone* dari fasies sayap terumbu. Di antara lapisan *floatstone* ini tersisip *bafflestone* yang diperkirakan merupakan puncak bangunan terumbu, hingga *rudstone* dari fasies runtunan terumbu depan. Bagian bawah batugamping Formasi Baturaja diakhiri oleh *grainstone*, *packstone-wackestone* dari fasies sayap terumbu hingga lerengan lokal terumbu belakang.

Bagian tengah batugamping Formasi Baturaja tersingkap sangat terbatas, berupa *bindstone* yang berstruktur berbuku-buku, yang merupakan fasies bangunan terumbu. Ke bagian atas, batuan tersingkap terbatas, masih berupa *bindstone*, berbuku-buku terstilolitkan dan termampatkan, komponen koral, ganggang, jarang bryozoa.

Bagian atas batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka diawali oleh perlapisan batugamping *wackestone-grainstone* dari fasies lerengan lokal terumbu belakang, kadang berkembang menjadi *rudstone* hingga *grainstone* dari fasies sayap terumbu. Di antara perlapisan itu, tersisip *rudstone* hingga *grainstone* dari fasies runtunan terumbu depan. Sisipan lainnya adalah *bindstone* dari fasies bangunan terumbu. Runtunan *wackestone-packstone* yang diperkirakan dari fasies tepi landaian yang lebih dalam, mengakhiri pengendapan Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka.

d. Rekaman Proses Diagenesis

Identifikasi komponen batugamping di bawah mikroskop polarisasi tidak selamanya dapat dilakukan dengan mudah. Sebagian atau kadang-kadang seluruh komponen awal pada saat batuan diendapkan hilang atau rusak akibat proses diagenesis. Beberapa ahli yang telah mengulas mekanisme dan jenis proses diagenesis, antara lain Adams dan MacKenzie (1998), Bathurst (1975), Flugel (1982), James (1991), Longman (1981), Scholle (1978), Tucker dan Wright (1990), Railsback (2002), Gregg (2005), serta Kendall (2005). Prinsip utama ulasan proses diagenesis tersebut pada dasarnya sama, yaitu batugamping terpengaruh oleh proses diagenesis seiring dengan waktu pengendapan, penimbunan, pengangkatan, penyingkapan batuan, serta pengaruh perubahan air laut dan air tawar. Karakter rekaman proses diagenesis pada tiap-tiap lingkungan diagenesis berbeda-beda sehingga material asal batugamping pada saat batuan diendapkan dapat dirunut ulang kembali.

1. Penampakan Rekaman

Beberapa proses diagenesis yang rekamannya teramati pada batugamping Formasi Baturaja meliputi bioturbasi, pengisian rongga fosil, penggantian, penyemenan, penghablurulan, pemikritan, pendolomitan, pembentukan mineral authigenik, pemampatan, pelarutan, penstilolitan, dan peretakan (Tabel 7.4).

Penampakan bioturbasi teramati hanya pada beberapa sampel batuan dengan jumlah sangat terbatas. Pada umumnya, rongga jejak bioturbasi ini berukuran sangat halus (maksimal 0,25 mm) dan tersebar tidak teratur. Rongga jejak bioturbasi pasca pengendapan telah terisi kembali oleh material lumpur karbonat dan kadang-kadang bercampur dengan ortosparit membentuk struktur geopetal.

Seperti halnya penampakan jejak bioturbasi, rongga di dalam fosil pada umumnya juga terisi oleh lumpur karbonat. Fase pengisian lumpur karbonat ini berlangsung sesaat setelah pengendapan batuan dengan proses tidak sempurna sehingga meninggalkan keporian jenis dalam partikel di beberapa sampel batuan. Pengisian rongga pasca pengendapan berlangsung di berbagai lingkungan dan dapat dikatakan sebagai proses penyemenan batuan.

Rekaman proses penggantian teramati di seluruh sampel batuan yang terbagi menjadi dua jenis, yaitu penggantian butiran dan penggantian matriks. Penggantian butiran tanpa fase pelarutan menghasilkan sparit semu berhablur mosaik anhedral yang pada umumnya berukuran hablur sedang mencapai 0,8 mm (Gambar 7.49). Penggantian matriks lumpur karbonat membentuk mikrosparit berhablur mosaik hingga sukrosik granular anhedral berukuran sangat halus (Gambar 7.50). Proses penggantian material ini berhubungan erat dengan proses pendolomitan dan penghablurulan. Pendolomitan material berlangsung pada beberapa sampel batuan, khususnya pada bagian terbawah dan teratas batugamping Formasi Baturaja.

Material penyemen selalu hadir di dalam batuan dengan jumlah sangat beragam. Penyemen utama batuan adalah ortosparit (Gambar 7.51). Pada umumnya, ortosparit berasal dari lingkungan meteorik freatik, diikuti ortosparit lingkungan laut, ortosparit lingkungan penimbunan, dan sangat jarang ortosparit lingkungan meteorik vados. Penyemen kedua adalah oksida besi yang hadir terbatas dengan bentuk dan penyebaran tidak teratur, terutama mengisi rongga dan retakan batuan. Mineral lempung authigenik kadang hadir sebagai penyemen dan terkonsentrasi sebagai pengisi rongga pelarutan. Penyemen lain adalah silika, dalam bentuk kuarsa, feldspar, dan zeolit, yang hadir di lingkungan meteorik freatik, pasca penyemenan oleh ortosparit.

Tabel 7.4 Ringkasan Rekaman Proses Diagenesis yang Teramati pada Analisis Petrografi Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka, Sumatra Selatan

KODE SAMPEL	NAMA BATUAN	SMF/FZ	% BK	PROSES DIAGENESIS															
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
05 SM 120	BW	3/3	10,33	1	3	3	3	1	1	2	1	3	1	2	2	1	2	1	1
05 SM 118	BP	3/3	51,68	1	3	2	3	2	1	3	1	2	1	3	1	2	2	1	1
05 SM 117C	BW	3/3	36,32	1	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1	1
05 SM 112A	BP/F	5/4	51,00	2	2	3	2	2	2	3	1	2	2	1	2	2	2	1	2
05 SM 112B	BG	12/6	63,35	2	1	2	1	1	2	3	1	1	2	1	2	2	2	1	2
05 SM 112C	BP/F	5/4	30,02	2	2	3	2	2	2	3	1	1	2	1	2	2	2	1	1
05 SM 113	BW	9/7	12,68	2	1	2	3	1	1	2	1	3	1	1	2	1	2	1	1
05 SM 112D	B/Bi	7/5	55,33	2	2	3	1	2	2	3	1	1	2	1	1	2	2	1	1
05 SM 115A	BG	5/4	57,34	1	3	2	1	2	1	4	1	2	1	1	2	2	3	1	1
05 SM 115B	BW/F	5/4	35,01	2	2	3	2	2	1	3	1	2	1	1	2	2	2	1	1
05 SM 112E	B/Bi	7/5	46,01	1	2	3	2	2	1	3	1	2	2	1	2	2	2	1	1
05 SM 112F	BP/F	5/4	54,34	2	2	3	3	2	1	2	1	1	2	1	2	2	2	1	1
05 SM 111	BP/F	5/4	58,00	2	2	3	2	2	1	3	2	1	2	2	1	1	2	1	2
05 SM 110C	BP	5/4	46,66	2	3	2	2	2	1	3	1	2	2	2	2	2	2	1	2
05 SM 110B	BW	5/4	37,01	3	2	2	2	2	4	3	1	1	2	2	2	2	2	1	2
05 SM 110A	B/Bi	7/5	57,34	2	3	4	2	2	1	3	1	1	2	1	2	1	2	1	1
05 SM 109B	B/Bi	7/5	57,68	2	3	4	2	2	1	4	1	1	1	1	2	1	2	1	1
05 SM 109A	B/Bi	7/5	42,67	1	3	2	1	2	1	3	1	2	2	1	2	1	2	1	1
05 SM 108	B/Bi	7/5	68,67	1	3	2	2	2	1	3	1	1	2	1	2	1	2	1	1
05 SM 107C	CBW	9/7	31,69	2	2	2	3	2	1	2	1	1	2	1	3	1	2	1	1
05 SM 107B	BW	9/7	20,68	1	2	1	4	4	1	1	3	2	2	1	2	2	2	1	1
05 SM 107A	BG	5/4	90,99	1	1	3	1	1	1	3	1	2	2	1	2	2	2	1	2
05 SM 106	BP+	10/7	38,34	2	2	2	3	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2
05 SM 105	BP*	12/6	50,68	2	2	2	3	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2
05 SM 104	BW	3/3	32,34	1	3	2	1	1	2	1	1	1	1	4	1	2	3	1	1
05 SM 103	BW	3/3	25,67	1	3	2	3	1	1	2	1	1	1	3	2	2	3	1	1
05 SM 102B	BP/F	5/4	41,00	1	2	4	3	1	2	2	1	3	2	1	1	2	2	2	2
05 SM 102A	BP	3/3	46,32	1	4	2	3	3	2	1	1	1	1	1	2	2	3	1	1

Sumber: Maryanto (2007b)

KETERANGAN:

Nama Batuan:

- BW = Bioclastic wackestone
- CBW = Clayey bioclastic wackestone
- BP = Bioclastic packstone
- G = Grainstone
- BW/F = Bioclastic wackestone/ floatstone
- BP/F = Bioclastic packstone/ floatstone
- B/Bi = Boundstone / bindstone

Mikrofases:

- SMF = Standard microfacies (Flügel, 1982)
- FZ = Facies zone (Wilson, 1975)

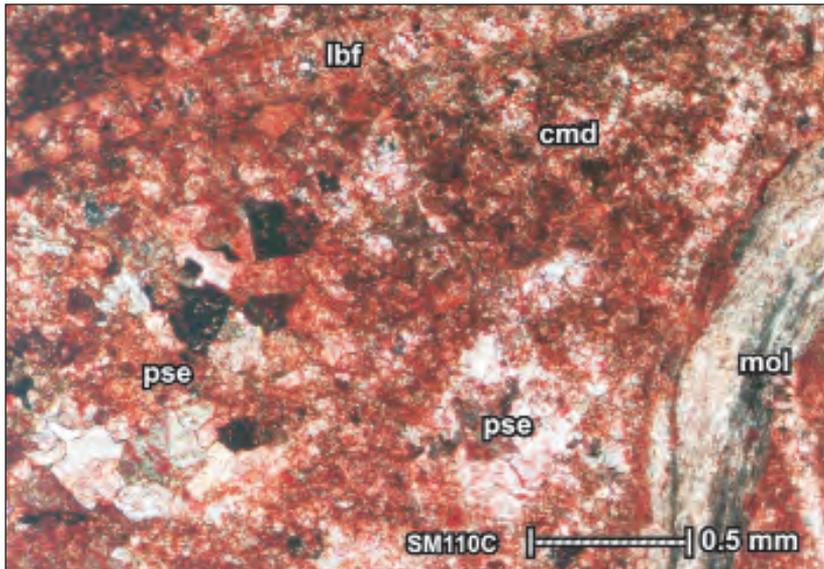
Proses Diagenesis:

- A = Bioturbasi
- B = Pengisian fosil
- C = Penggantian butiran
- D = Penggantian lumpur
- E = Penyemenan laut
- F = Penyemenan penimbunan
- G = Penyemenan meteorik freatik
- H = Penyemenan meteorik vados
- I = Penghablurulan
- J = Pemikritan
- K = Pendolomitan
- L = Authigenik mineral
- M = Pemampatan
- N = Pelarutan
- O = Penstilolitan
- P = Peretakan/pegekan

Intensitas Diagenesis:

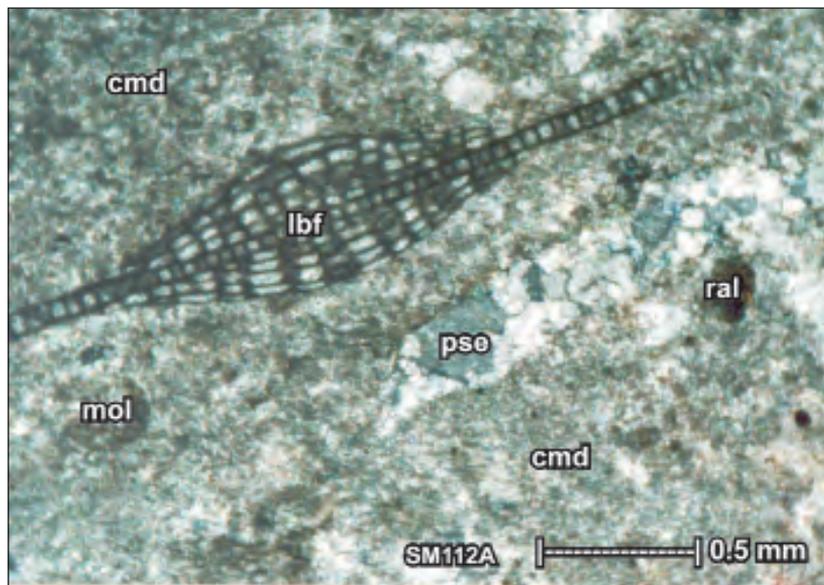
- 1 = Tidak teramati
- 2 = Lemah
- 3 = Sedang
- 4 = Kuat
- 5 = Intensif
- * = Komponen matriks
- + = Komponen kepingan

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2007b)

Gambar 7.49 Sayatan pipih *packstone* yang memperlihatkan butiran foraminifera besar bentonik (lbf) dan moluska (mol) sebagian terganti menjadi pseudosparit (pse), di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Sampel 05SM110C, lihat Gambar 7.45, kedudukan lensa nikol bersilang.



Sumber: Maryanto (2007b)

Gambar 7.50 Sayatan pipih *packstone-floatstone* yang memperlihatkan fosil foraminifera besar bentonik (lbf; *Lepidocyclina* sp.), ganggang merah (ral) dan moluska tergantikan, serta lumpur karbonat (cmd) tergantikan. Sampel 05SM112a, lihat Gambar 7.45, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Material sekunder hasil neomorfisme, yaitu penggantian, penghablurulan, dan pendolomitan selalu hadir di dalam batuan dengan jumlah sangat beragam sesuai dengan intensitas diagenesis. Mikrosporit hadir sebagai pengganti lumpur karbonat, baik pada matriks maupun isian rongga fosil. Sparit semu merupakan hasil penghablurulan komponen dengan kemas tidak terseleksi, yaitu butiran karbonat, lumpur karbonat, mikrosporit, dan ortosparit. Dolomit hadir terbatas dengan ukuran beragam sesuai dengan ukuran butiran atau hablur asal. Dolomit berhablur sangat halus anhedral mosaik granular hingga sukrosik sebagai pengganti matriks, sedangkan dolomit berhablur agak kasar mosaik anhedral sebagai pengganti butiran. Pirit hadir terbatas dengan penyebaran tidak teratur dan berukuran sangat halus anhedral.

Rekaman proses pemampatan batuan terlihat nyata pada beberapa sampel, khususnya pada batugamping yang terdukung butiran, yaitu *packstone* dan *grainstone*. Penampakan rekaman proses pemampatan ini dicirikan dengan bentuk hubungan butir melengkung dan sangat jarang bergerigi. Proses pemampatan ini segera diikuti oleh proses penstilolitan di satu sampel batuan. Penampakan rekaman proses penstilolitan dicirikan oleh pola pengarahannya butiran karbonat



Sumber: Maryanto (2007b)

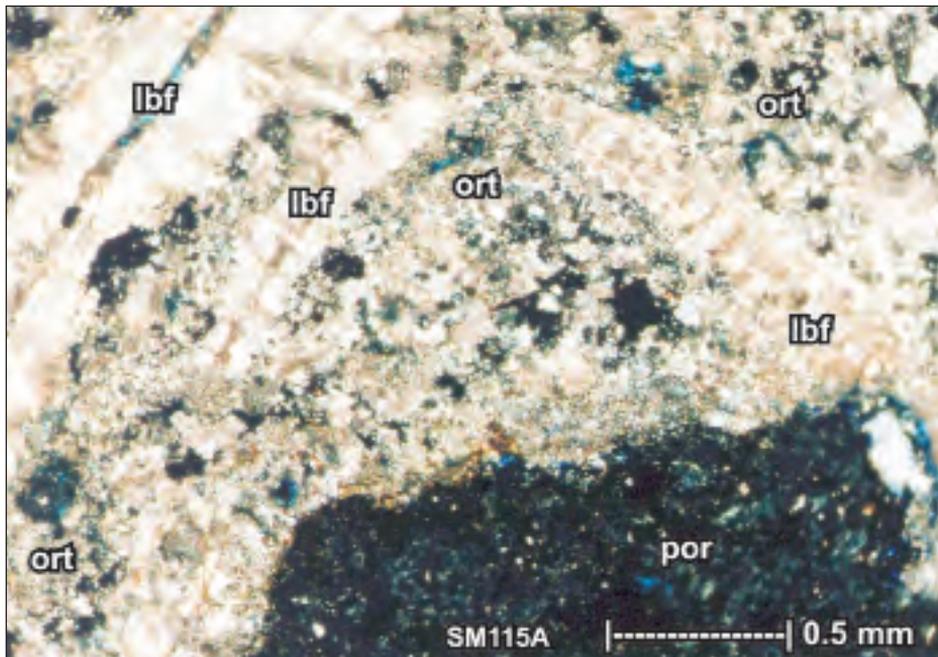
Gambar 7.51 Sayatan pipih *packstone* dengan penyemenan oleh orthosparit (ort), penggantian intraklas (int) menjadi pseudosparit (pse), dan pengekarannya ganggang merah (ral). Sampel 05SM105, lihat Gambar 7.45, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

yang berada di dalam matriks lumpur karbonat tergantikan. Pengarahan butiran yang paling nyata terjadi pada komponen kepingan koral memanjang.

Proses pelarutan batugamping dapat terjadi pada berbagai lingkungan diagenesis meskipun pada umumnya berlangsung di lingkungan meteorik vados. Rekaman proses pelarutan dapat dijumpai pada hampir semua sampel batuan yang diambil meskipun berintensitas rendah. Proses pelarutan yang terjadi sering kali memilih kemas, yaitu pada matriks lumpur karbonat (Gambar 7.52). Proses pelarutan tanpa seleksi kemas terjadi sangat terbatas. Hasil kedua proses pelarutan tersebut adalah keporian sekunder jenis gerowong yang merupakan perkembangan keporian primer jenis antarpartikel. Ukuran keporian yang dijumpai pada umumnya halus dan belum berhubungan antar sesamanya yang membentuk jenis keporian saluran. Beberapa rongga hasil pelarutan ini sebagian terisi kembali oleh ortosparit lingkungan meteorik, yang kadang bercampur dengan oksida besi, mineral lempung authigenik, dan silika kuarsa.

Sebagai konsekuensi umurnya yang Miosen Awal, Formasi Baturaja tentu telah mengalami beberapa kali proses tektonika. Rekaman proses tektonika yang paling nyata adalah hadirnya kekar dan retakan pada beberapa sampel. Kekar



Sumber: Maryanto (2007b)

Gambar 7.52 Sayatan pipih *grainstone* dengan foraminifera besar bentonik (lbf) dominan diikat oleh orthosparit (ort). Tampak keporian (por) gerowong (*vug*) hasil pelarutan semen di antara butiran. Sampel 05SM115a, lihat Gambar 7.45, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

gerus hadir berupa kekar rambut yang memotong butiran dan material lainnya, sedangkan retakan batuan lebih banyak terjadi sebagai kegiatan biota tumbuh-tumbuhan di permukaan sekarang ini. Kekar tersebut sebagian masih tetap kosong, meninggalkan jenis keporian retakan, dan sebagian lagi telah terisi oleh ortosparit lingkungan meteorik.

2. Verifikasi

Verifikasi data dengan metode pengujian statistik dilakukan untuk mengetahui bentuk dan besaran hubungan antar-rekaman proses diagenesis yang teramati pada pengujian petrografi batugamping di Lintasan Air Saka. Pengujian statistik ini merupakan ukuran keeratan hubungan antara variabel x dan y di dalam suatu populasi tertentu. Kriteria keeratan hubungan antarvariabel tersebut berdasarkan penggolongan menurut Hasan (2004), yaitu kalau nilai $r = 0$ maka kedua variabel tidak berhubungan, kalau nilai $r = -1$ maka kedua variabel berhubungan negatif sempurna, dan kalau nilai $r = 1$ maka kedua variabel berhubungan positif sempurna. Kriteria keeratan hubungan berdasarkan interval koefisien korelasi, yaitu $0,00 < r < 0,20$ sangat rendah, $0,40 < r < 0,40$ rendah, $0,40 < r < 0,60$ sedang, $0,60 < r < 0,80$ kuat, dan $0,80 < r < 1,00$ sangat kuat.

Seperti halnya alterasi pada suatu sistem geotermal, intensitas proses diagenesis pada batugamping dapat dibandingkan. Komponen yang membentuk material sekunder, dikelompokkan berdasarkan penggolongan Browne (1978) yang mendasarkan persentase komponen sekunder dari total komponen primer dan sekunder. Menurut penggolongan tersebut, nilai 0–10% termasuk kondisi segar, 10–25% terdiagenesis rendah, 25–50% terdiagenesis sedang, 50–75% terdiagenesis tinggi, dan 75–100% terdiagenesis intensif. Data pengelompokan yang didapatkan berskala ordinal. Korelasi regresi yang digunakan merupakan metode paling sederhana untuk data yang berskala ordinal. Berdasarkan penghitungan dengan *software Statistica6*, didapatkan nilai koefisien korelasi antar-rekaman proses diagenesis (Tabel 7.5).

Intensitas rekaman proses diagenesis yang teramati tersebut bergantung pada komponen asal batugamping. Komponen utama batugamping yang coba untuk diuji adalah butiran karbonat (*BK*) karena komponen ini selalu hadir cukup banyak pada setiap sampel batuan yang diuji. Model pengujian statistik nonparametrik yang digunakan pada pekerjaan ini berdasarkan data yang berskala ordinal. Hasil penghitungan nilai koefisien korelasi Spearman dan Kendall (Siegel, 1997), dengan catatan bahwa komponen butiran karbonat dianggap sebagai variabel bebas.

Tabel 7.5 Nilai Koefisien Korelasi Regresi Antar-rekaman Proses Diagenesis Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka, Sumatra Selatan

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
Bioturbasi (1)	1,00	0,26	-0,27	-0,34	-0,02	-0,59	-0,33	0,06	0,18	-0,04	-0,11	-0,18	0,14	0,11	0,26	0,04
Pengisian Fosil (2)	0,26	1,00	-0,41	0,02	-0,78	0,10	-0,17	0,64	-0,22	-0,14	-0,69	-0,34	0,56	-0,50	-0,22	-0,02
Penggantian Butiran (3)	-0,27	-0,41	1,00	0,01	0,39	0,13	-0,11	-0,19	0,27	0,18	0,43	0,26	-0,18	0,26	-0,22	0,01
Penggantian Lumpur (4)	-0,34	0,02	0,01	1,00	-0,31	0,32	0,58	0,03	-0,13	0,22	-0,28	-0,36	0,10	0,18	-0,43	-0,03
Penyemenan Lingkungan Laut (5)	-0,02	-0,78	0,39	-0,31	1,00	-0,27	-0,04	-0,76	0,38	0,17	0,80	0,40	-0,53	0,40	0,38	0,08
Penyemenan Ling. Penimbunan (6)	-0,59	0,10	0,13	0,32	-0,27	1,00	0,26	0,27	-0,01	-0,16	-0,19	-0,01	-0,01	-0,23	-0,43	-0,15
Penyemenan Ling. Meteorik Freatik (7)	-0,33	-0,17	-0,11	0,58	-0,04	0,26	1,00	0,02	-0,04	0,01	0,03	-0,11	-0,01	0,11	-0,13	-0,26
Penyemenan Ling. Meteorik Vados (8)	0,06	0,64	-0,19	0,03	-0,76	0,27	0,02	1,00	-0,33	-0,29	-0,53	-0,11	0,40	-0,36	-0,17	-0,01
Penghablurulangan (9)	0,18	-0,22	0,27	-0,13	0,38	-0,01	-0,04	-0,33	1,00	0,28	0,24	-0,11	-0,19	0,31	-0,27	-0,19
Pemikritan (10)	-0,04	-0,14	0,18	0,22	0,17	-0,16	0,01	-0,29	0,28	1,00	0,20	-0,09	-0,25	0,63	-0,07	0,41
Pendolomitan (11)	-0,11	-0,69	0,43	-0,28	0,80	-0,19	0,03	-0,53	0,24	0,20	1,00	0,64	-0,48	0,28	0,43	0,15
Mineral Authigenik (12)	-0,18	-0,34	0,26	-0,36	0,40	-0,01	-0,11	-0,11	-0,11	-0,09	0,64	1,00	-0,23	-0,03	0,51	0,23
Pemampatan (13)	0,14	0,56	-0,18	0,10	-0,53	-0,01	-0,01	0,40	-0,19	-0,25	-0,48	-0,23	1,00	-0,49	-0,28	-0,26
Pelarutan (14)	0,11	-0,50	0,26	0,18	0,40	-0,23	0,11	-0,36	0,31	0,63	0,28	-0,03	-0,49	1,00	0,11	0,41
Penstilolitan (15)	0,26	-0,22	-0,22	-0,43	0,38	-0,43	-0,13	-0,17	-0,27	-0,07	0,43	0,51	-0,28	0,11	1,00	0,41
Peretakan (16)	0,04	-0,02	0,01	-0,03	0,08	-0,15	-0,26	-0,01	-0,19	0,41	0,15	0,23	-0,26	0,41	0,41	1,00

Sumber: Maryanto (2007b)

3. Pembahasan

Proses diagenesis yang berpengaruh terhadap batugamping Formasi Baturaja telah berlangsung segera sesudah batuan terendapkan. Proses diagenesis yang satu berlangsung bersamaan atau menyusul proses diagenesis lainnya. Dalam keadaan demikian, sudah tentu di antara proses-proses diagenesis tersebut terdapat keterkaitan antara yang satu dengan yang lainnya. Hasil pengujian dengan metode statistik nonparametrik sederhana memperlihatkan beberapa keeratan hubungan antarproses diagenesis tersebut (Tabel 7.6) meskipun nilai keeratan hubungan tersebut beragam.

Proses bioturbasi berhubungan sedang negatif (-0,59) dengan penyemenan penimbunan, sedangkan keeratan hubungannya dengan penyemenan laut sangat rendah. Hal ini memperlihatkan bahwa proses bioturbasi pada suatu lapisan

batugamping berlangsung segera setelah batuan tersebut tertindih lapisan lain pada pengendapan berikutnya. Kemungkinan kedua adalah rekaman proses penyemenan laut berlangsung, tetapi rekamannya telah rusak atau hilang karena proses diagenesis sesudahnya.

Pengisian rongga fosil berhubungan sedang hingga kuat negatif (-0,41 hingga -0,78) dengan proses penggantian butiran, penyemenan di lingkungan laut, pelarutan, dan pendolomitan. Sebaliknya, proses pengisian rongga ini berhubungan sedang hingga kuat positif (0,56 hingga 0,64) dengan proses pemampatan dan penyemenan meteorik vados. Kisaran nilai hubungan ini menunjukkan bahwa proses pengisian rongga tidak efektif apabila terjadi penggantian butiran, penyemenan di lingkungan laut, dan pendolomitan. Pada umumnya, proses pengisian rongga berlangsung jauh sebelum proses pelarutan terjadi. Di lain pihak, proses pengisian rongga, termasuk penyemenan, pada umumnya terjadi di lingkungan diagenesis meteorik vados.

Penggantian butiran yang terjadi di beberapa sampel batuan menghalangi terjadinya proses pengisian rongga. Penggantian lumpur karbonat menjadi mikrosparit berhubungan sedang positif (0,58) dengan penyemenan meteorik freatik yang menunjukkan bahwa penggantian lumpur segera diikuti oleh proses penyemenan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa proses penggantian lumpur inilah yang paling akhir berlangsung di lingkungan diagenesis penimbunan. Sebaliknya, penggantian lumpur berhubungan sedang negatif (-0,43) dengan penstilolitan yang menunjukkan bahwa rekaman penggantian lumpur sebagian hilang akibat proses penstilolitan batuan.

Selain berhubungan sedang negatif dengan pengisian fosil, penyemenan di lingkungan laut berhubungan sedang hingga kuat negatif (-0,53 hingga -0,76) dengan penyemenan di lingkungan meteorik vados dan pemampatan. Keadaan ini mencerminkan bahwa rekaman proses penyemenan di lingkungan laut sebagian telah rusak atau hilang akibat penyemenan di lingkungan meteorik vados atau pemampatan. Hal sebaliknya yang terjadi bahwa penyemenan di lingkungan laut berhubungan sedang hingga kuat positif (0,40 hingga 0,80) dengan proses pendolomitan, pembentukan mineral authigenik, dan pelarutan. Keadaan ini memperlihatkan bahwa semen karbonat lingkungan laut lebih sering terdolomitkan daripada semen lingkungan lainnya. Semen lingkungan laut pada saat terdolomitkan juga menghasilkan mineral authigenik, seperti lempung dan kuarsa anhedral. Bertambahnya semen lingkungan laut akan memperbesar kemungkinan terjadinya proses pelarutan. Penyemenan penimbunan, selain berhubungan sedang negatif dengan bioturbasi, juga berhubungan sedang negatif

dengan penstilolitan batuan (-0,43). Semen karbonat ortosparit lingkungan penimbunan sebagian hilang atau rusak akibat penstilolitan. Penyemenan di lingkungan meteorik freatik hanya berhubungan sedang positif dengan penggantian lumpur, sedangkan dengan proses diagenesis yang lain berhubungan sangat rendah. Penyemenan di lingkungan meteorik vados berhubungan sedang negatif (-0,53) dengan pendolomitan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa dolomit dari lingkungan penimbunan, setelah mengalami pelarutan, tergantikan oleh ortosparit lingkungan meteorik vados, khususnya berlangsung pada saat penyingkapan batuan.

Penghablurulan secara umum tidak berhubungan atau berhubungan rendah dengan proses diagenesis yang lain. Penghablurulan yang terjadi di dalam batugamping formasi Baturaja terjadi pada semua komponen atau dikenal sebagai penghablurulan kemas tak terseleksi (*nonselected fabric recrystallization*). Pemikritan beberapa kepingan fosil berlangsung lebih intensif dan diawali dengan proses pelarutan batuan. Nilai keeratan hubungan kedua proses diagenesis ini sedang positif (0,63).

Pendolomitan lebih banyak terjadi apabila semen karbonat lingkungan laut dan penggantian butiran meningkat jumlahnya, sebaliknya tidak berlangsung dengan baik pada bagian di dalam rongga fosil. Pendolomitan juga kurang efektif berlangsung pada batugamping yang terkena proses pemampatan dengan nilai keeratan hubungan -0,48. Pemampatan batuan ini juga menghalangi terjadinya pendolomitan dan pelarutan dengan nilai keeratan hubungan -0,48 hingga -0,49.

Pada sisi lain, proses penstilolitan akan memacu pembentukan mineral authigenik, selain mempermudah terjadinya proses peretakan batuan. Nilai keeratan hubungan proses diagenesis tersebut sedang positif (0,41 hingga 0,51). Selain itu, proses peretakan batuan lebih banyak terjadi pada batuan yang mengalami pelarutan, terstilolitan, dan butiran karbonatnya termikritkan, dengan nilai keeratan hubungan 0,41.

Di antara komponen batugamping yang dijumpai di lintasan penelitian, butiran karbonat merupakan komponen yang selalu hadir cukup banyak. Pada umumnya, komponen butiran karbonat ini dikuasai oleh bioklastika atau fosil. Dengan demikian, komponen butiran karbonat ini dipakai sebagai variabel bebas dalam penentuan nilai koefisien korelasi berdasarkan rumus Spearman (Tabel 7.6) dan rumus Kendall (Tabel 7.7).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tabel 7.6 Nilai Koefisien Korelasi Spearman (*rs*) Antara Komponen Butiran Karbonat dan Rekaman Proses Diagenesis Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka, Sumatra Selatan

	Valid	Spearman	t(N-2)	p-level
Butiran Karbonat dan Bioturbasi	28	0,008390	0,04278	0,966202
Butiran Karbonat dan Pengisian Fosil	28	-0,064173	-0,32789	0,745617
Butiran Karbonat dan Penggantian Butiran	28	0,194302	1,01000	0,321804
Butiran Karbonat dan Penggantian Lumpur	28	-0,332982	-1,80064	0,083372
Butiran Karbonat dan Penyemenan Lingkungan Laut	28	-0,037308	-0,19037	0,850500
Butiran Karbonat dan Penyemenan Ling. Penimbunan	28	-0,276398	-1,46649	0,154506
Butiran Karbonat dan Penyemenan Ling. Meteorik Freatik	28	0,492686	2,88692	0,007731
Butiran Karbonat dan Penyemenan Ling. Meteorik Vados	28	-0,030639	-0,15630	0,877000
Butiran Karbonat dan Penghablurulan	28	-0,037934	-0,19357	0,848019
Butiran Karbonat dan Pemikritan	28	0,184571	0,95758	0,347094
Butiran Karbonat dan Pendolomitan	28	-0,256261	-1,35182	0,188076
Butiran Karbonat dan Mineral Authigenik	28	-0,019803	-0,10100	0,920329
Butiran Karbonat dan Pemampatan	28	-0,179897	-0,93251	0,359651
Butiran Karbonat dan Pelarutan	28	-0,139004	-0,71573	0,480537
Butiran Karbonat dan Penstilolitan	28	-0,059570	-0,30429	0,763330
Butiran Karbonat dan Peretakan	28	-0,013959	-0,07119	0,943795

Sumber: Maryanto (2007b)

Tabel 7.7 Nilai Koefisien Korelasi Kendall (*tau*) Antara Komponen Butiran Karbonat dan Rekaman Proses Diagenesis Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Saka, Sumatra Selatan

	Valid	Kendall	Z	p-level
Butiran Karbonat dan Bioturbasi	28	0,003563	0,02660	0,978775
Butiran Karbonat dan Pengisian Fosil	28	-0,053303	-0,39806	0,690583
Butiran Karbonat dan Penggantian Butiran	28	0,144774	1,08117	0,279624
Butiran Karbonat dan Penggantian Lumpur	28	-0,254063	-1,89733	0,057784
Butiran Karbonat dan Penyemenan Lingkungan Laut	28	-0,029355	-0,21922	0,826475
Butiran Karbonat dan Penyemenan Ling. Penimbunan	28	-0,230969	-1,72487	0,084551
Butiran Karbonat dan Penyemenan Ling. Meteorik Freatik	28	0,383413	2,86331	0,004192
Butiran Karbonat dan Penyemenan Ling. Meteorik Vados	28	-0,021223	-0,15849	0,874067
Butiran Karbonat dan Penghablurulan	28	-0,030902	-0,23077	0,817492
Butiran Karbonat dan Pemikritan	28	0,153551	1,14671	0,251500
Butiran Karbonat dan Pendolomitan	28	-0,206042	-1,53872	0,123874

Buku ini tidak diperjualbelikan.

	Valid	Kendall	Z	p-level
Butiran Karbonat dan Mineral Authigenik	28	-0,003985	-0,02976	0,976256
Butiran Karbonat dan Pemampatan	28	-0,149663	-1,11768	0,263704
Butiran Karbonat dan Pelarutan	28	-0,115642	-0,86361	0,387801
Butiran Karbonat dan Penstilolitan	28	-0,049558	-0,37010	0,711308
Butiran Karbonat dan Peretakan	28	-0,023841	-0,17804	0,858688

Sumber: Maryanto (2007b)

Berdasarkan perhitungan dengan metode statistik nonparametrik terlihat bahwa kelimpahan butiran karbonat berhubungan dengan beberapa jenis proses diagenesis. Nilai keeratan hubungan butiran karbonat yang paling nyata, dengan koefisien korelasi 0,49 atau sedang positif, adalah dengan proses penyemenan meteorik freatik. Nilai koefisien korelasi rendah negatif, antara -0,25 hingga -0,33, terjadi antara komponen butiran karbonat dengan pendolomitan, penyemenan penimbunan, dan penggantian lumpur.

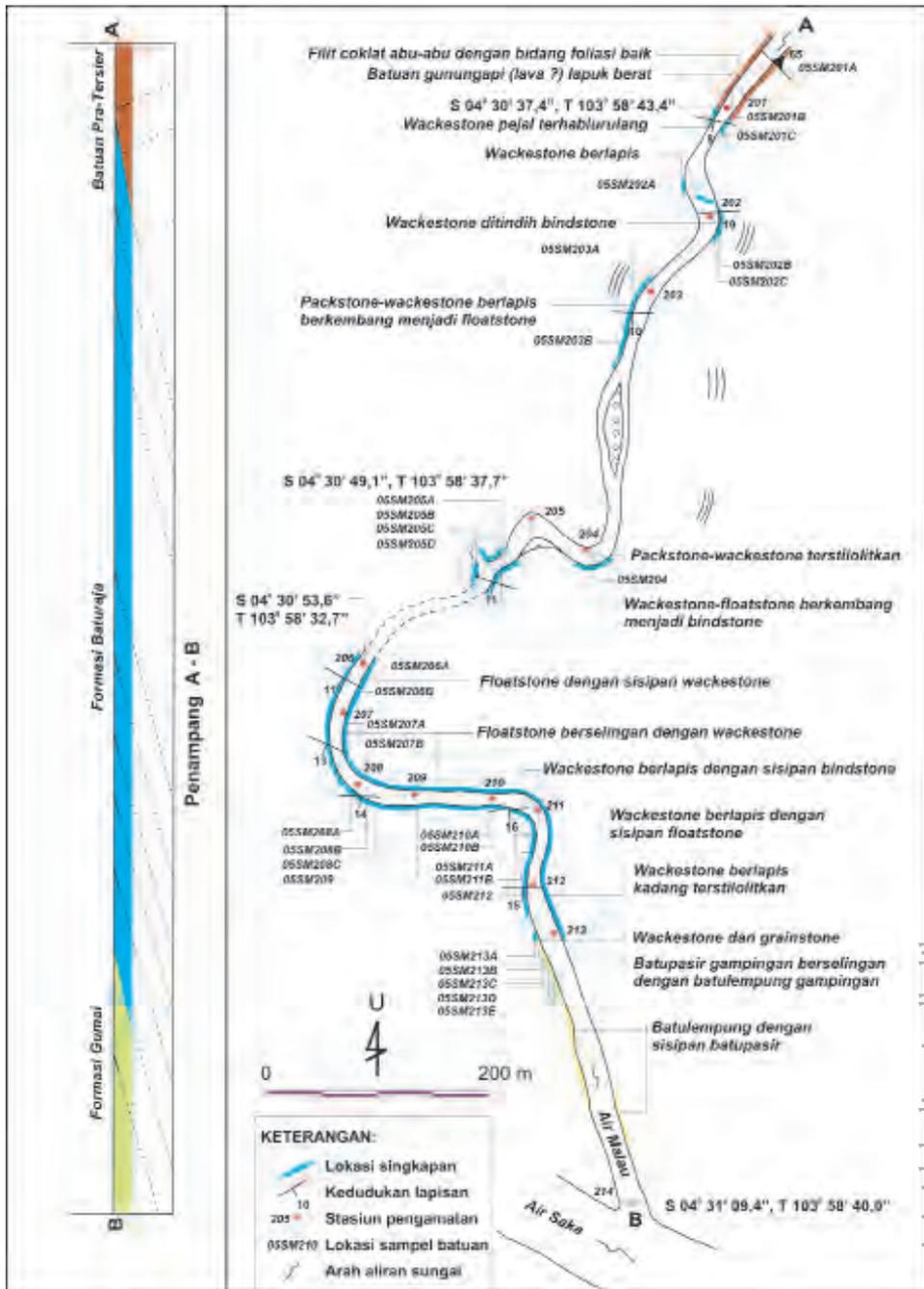
7. LINTASAN AIR MALAU

a. Runtunan Stratigrafi

Menurut Maryanto (2016a), Lintasan Air Malau merupakan lintasan sungai yang memanjang sekitar 1,2 km berarah nisbi utara-selatan (Gambar 7.53). Singkapan batuan dijumpai cukup banyak dan segar, kecuali pada segmen celah sempit dan gua yang tidak dapat ditembus, berjarak sekitar 100 m. Runtunan batuan yang dijumpai merupakan batuan alas pra-Paleogen, kebanyakan batugamping Formasi Baturaja, dan sedikit Formasi Gumai. Batuan secara umum miring landai ke selatan, berketebalan total terukur mencapai 200 m, termasuk batugamping penyusun Formasi Baturaja mencapai 175 m (Gambar 7.54).

Batuan yang dijumpai di Lintasan Air Malau diawali dengan keberadaan batuan malihan pra-Paleogen, berupa filit cokelat abu-abu berbidang foliasi cukup baik, dengan beberapa sisipan batupasir grewake meta. Batuan malihan ini berhubungan struktur dengan batuan gunungapi andesit-basalt abu-abu kemerahan hingga kecokelatan dan lapuk berat. Hubungan stratigrafi batuan alas dengan bagian terbawah batugamping Formasi Baturaja adalah tak selaras.

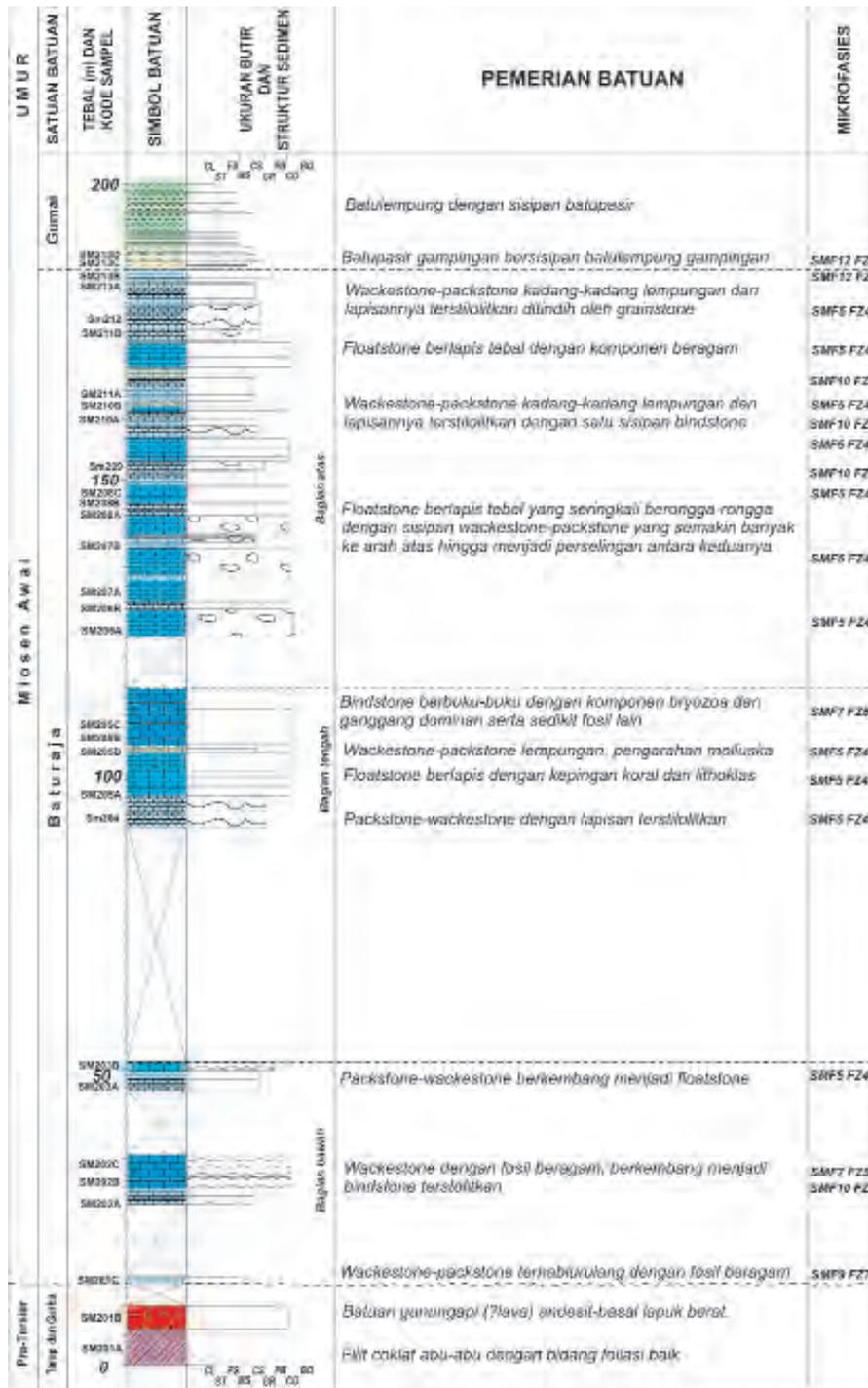
Bagian bawah batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Malau tersusun oleh batugamping bioklastika halus *wackestone-packstone* dengan fosil beragam dan tebal lapisan 100–140 cm (Gambar 7.55), berkembang menjadi batugamping nonklastika *boundstone (bindstone)* berbuku-buku, bagian bawahnya berongga-rongga, komponen batuan dikuasai oleh kerangka ganggang, dan tebal lapisannya



Sumber: Maryanto (2016a)

Gambar 7.53 Peta Pengukuran Stratigrafi Rinci di Lintasan Air Malau, OKU Selatan, Sumatra Selatan

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2007a, 2008 & 2016a)

Gambar 7.54 Kolom Litostratigrafi Rinci di Lintasan Air Malau, OKU Selatan, Sumatra Selatan

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2016a)

Gambar 7.55 *Wackestone*, berkembang menjadi batugamping nonklastika *bindstone* dengan pola lapisan terstilolitkan, merupakan penyusun bagian bawah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 202 (lihat Gambar 7.53) Lintasan Air Malau.



Sumber: Maryanto (2016a)

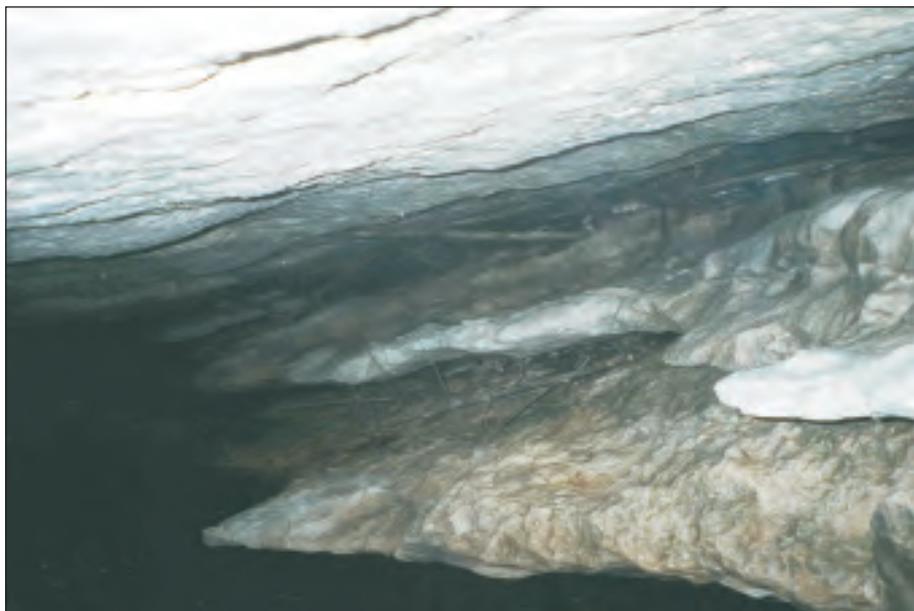
Gambar 7.56 *Packstone* berlapis baik dan berkembang menjadi *floatstone*, merupakan penyusun bagian bawah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 203 (lihat Gambar 7.53) Lintasan Air Malau.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

200–360 cm. Batuan selanjutnya adalah batugamping bioklastika sedang *packstone-wackestone*, ditindih batugamping bioklastika kasar *floatstone* (Gambar 7.56). Bagian bawah batugamping penyusun Formasi Baturaja tersingkap terbatas, begitu pula halnya dengan bagian tengah Formasi Baturaja di Lintasan Air Malau.

Bagian tengah batugamping penyusun Formasi Baturaja di Lintasan Air Malau diawali oleh batugamping bioklastika sedang *packstone-wackestone* dengan tebal lapisan 240–280 cm, ditindih oleh batugamping klastika kasar hingga sangat kasar *floatstone* dengan tebal lapisan 40–320 cm. Kemudian, berkembang menjadi batugamping bioklastika halus *wackestone-packstone* kembali (Gambar 7.57) dengan tebal lapisan 60–80 cm, dan diakhiri oleh batugamping nonklastika *boundstone (bindstone)* berbuku-buku yang tidak sejajar, berkomponen bryozoa dan ganggang serta koral jarang dan fosil lain pada matriks dengan tebal lapisan 140–340 cm (Gambar 7.58).

Bagian atas batugamping penyusun Formasi Baturaja di Lintasan Air Malau diawali oleh batugamping bioklastika kasar hingga sangat kasar *floatstone* dengan tebal lapisan 360–480 cm, mengandung beberapa sisipan batugamping bioklastika halus *wackestone* dengan tebal lapisan 80–120 cm (Gambar 7.59).



Buku ini tidak diperjualbelikan.

Sumber: Maryanto (2016a)

Gambar 7.57 *Wackestone* terstilolitkan, bagian bawahnya mengalir sungai bawah tanah, merupakan penyusun bagian tengah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 205 (lihat Gambar 7.53) Lintasan Air Malau.



Sumber: Maryanto (2016a)

Gambar 7.58 *Bindstone* yang memperlihatkan struktur berbuku-buku, merupakan penyusun bagian tengah Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 205 (lihat Gambar 7.53) Lintasan Air Malau.



Sumber: Maryanto (2016a)

Gambar 7.59 *Wackestone* ditindih oleh *floatstone* berlapis tebal, merupakan penyusun bagian atas Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 208–209 (lihat Gambar 7.53) Lintasan Air Malau.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Sisipan *wackestone* tersebut menjadi semakin banyak dan kenampakannya menjadi perselingan antara *floatstone* dengan *wackestone*. Pada perkembangan selanjutnya, runtunan batuan menjadi *wackestone-packstone* dengan beberapa sisipan *floatstone* (Gambar 7.60), dan satu sisipan batugamping nonklastika *boundstone* (*bindstone*) berbuku-buku yang komponennya dikuasai oleh ganggang, tebal lapisan 80 cm. Runtunan batuan diakhiri oleh keberadaan batugamping bioklastika sedang *grainstone* pasiran dengan tebal lapisan 120 cm yang mengakhiri pengendapan batugamping Formasi Baturaja sebelum berkembang menjadi batuan sedimen klastika Formasi Gumai.

Batuan sedimen klastika penyusun Formasi Gumai diawali oleh batupasir gampingan berselingan dengan batulempung gampingan, berkembang menjadi batulempung dengan sisipan batupasir. Sisipan batugamping *packstone* pasiran masih hadir di bagian terbawah batuan penyusun Formasi Gumai ini.



Sumber: Maryanto (2016a)

Gambar 7.60 *Wackestone* dengan sisipan *grainstone*, *packstone* pasiran dan batulempung gampingan, merupakan penyusun bagian teratas Formasi Baturaja. Difoto di lokasi 212 (lihat Gambar 7.53) Lintasan Air Malau.

b. Petrografi

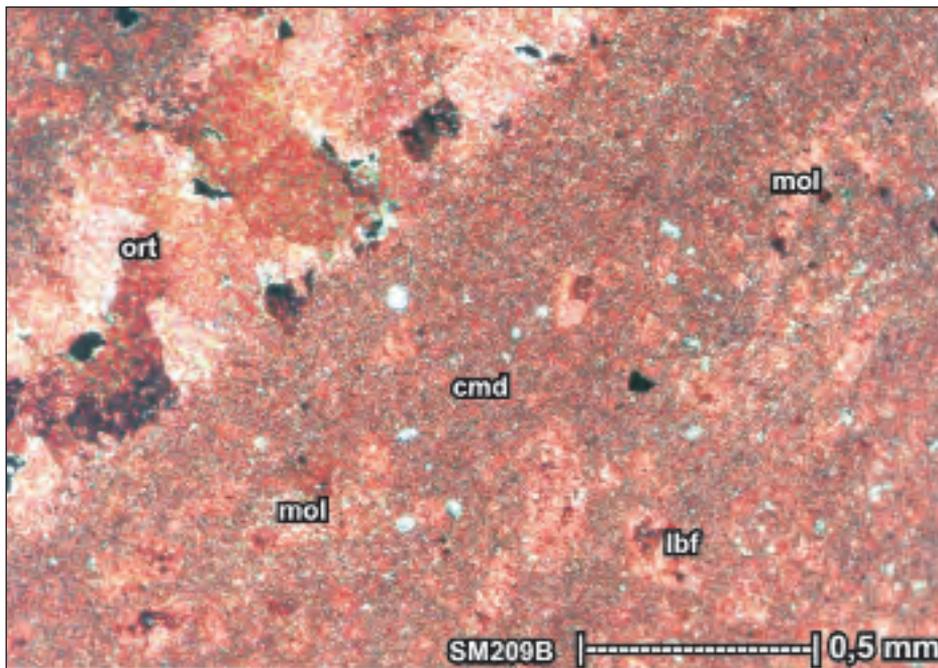
Sejumlah 27 sampel batugamping penyusun Formasi Baturaja di Lintasan Air Malau telah diambil secara berurutan untuk diuji petrografi. Pengujian petrografi dilakukan dengan mikroskop polarisasi yang dilengkapi *point counter* untuk

Buku ini tidak diperjualbelikan.

menghitung komponen batuan secara kuantitatif dan kamera mikroskop untuk pembuatan mikrofoto. Berdasarkan hasil uji petrografi rinci yang telah dilakukan, batugamping yang ada di lintasan tersebut terdiri atas *wackestone*, *packstone*, *floatstone*, *boundstone*, dan *packstone* pasiran (Tabel 7.8). Jumlah dan jenis komponen penyusun batuan dicantumkan pada tiap-tiap batuan yang nantinya dipakai sebagai dasar penentuan mikrofasies batuan.

Wackestone

Batugamping bioklastika *wackestone* hadir di seluruh bagian kolom, mulai dari bagian bawah, tengah, hingga atas runtunan batuan. Batuan pejal dan tekstur bioklastika fragmental halus. Bioklas selalu hadir dan terdiri atas fosil beragam jenis, ukuran, dan jumlahnya (Gambar 7.61). Meskipun demikian, jenis fosil yang menguasai batuan dapat diidentifikasi, seperti moluska, ganggang merah, dan foraminifera. Intraklas atau ekstraklas hadir sangat terbatas, begitu pula dengan pelet. Butiran terigen masih hadir pada beberapa sampel batuan dengan jumlah terbatas dan tersebar tidak merata, yang terdiri atas kuarsa, feldspar, kepingan batuan gunungapi, kepingan batuan sedimen khususnya batulempung argilit,



Sumber: Maryanto (2016a)

Gambar 7.61 Batugamping *wackestone* dengan sedikit foraminifera besar bentonik (lbf), moluska terganti (mol) di dalam matriks lumpur karbonat (cmd), mencirikan SMF10-FZ7 daerah lerengan lokal belakang terumbu. Kode sampel SM209B (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tabel 7.8 Ringkasan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Baturaja di Lintasan Air Malau, Sumatera

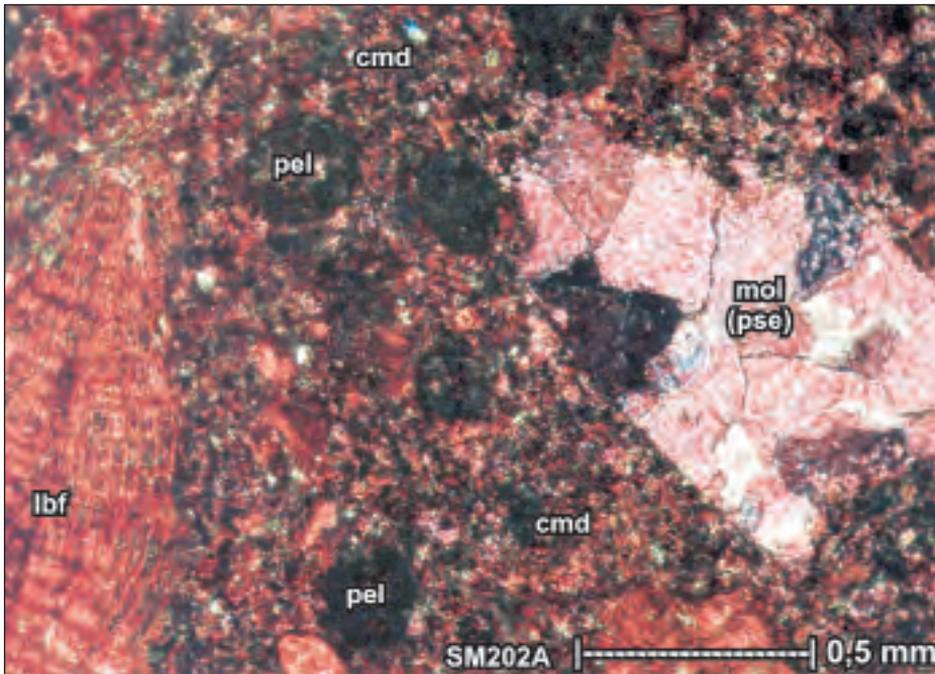
PEMERIKSAAN	KETERANGAN																							
	SM 201C	SM 202A	SM 202B	SM 202C	SM 203A	SM 203B	SM 204	SM 205A	SM 205B	SM 206A	SM 206B	SM 206C	SM 209	SM 210A	SM 210B	SM 211A	SM 211B	SM 212	SM 213A	SM 213B	SM 214C	SM 215C		
Struktur:	m	b	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
Tekstur:	bf	bf	nc	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf		
Pemilahan:	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p		
Kemans:	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c		
Uk. Butir (mm)	0.45	0.90	-	-	1.60	1.80	1.20	1.80	1.80	1.80	1.40	1.20	0.80	0.45	1.80	0.90	1.60	1.60	1.20	1.80	0.65	0.65		
Benak Butir:	ss-sf	ss-r	-	-	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r	ss-r		
Butiran Batuan:	pl	pl	-	-	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl		
<i>Batuira Kerbonat</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Ganggau hijau	1.33	2.23	5.33	1.33	5.67	2.33	2.67	3.00	3.67	3.00	3.67	16.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bryozoa merah	1.33	1.33	5.00	-	2.33	2.67	8.33	1.33	4.67	6.33	2.67	7.00	2.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Echinodermata	1.33	3.33	30.33	19.00	19.00	8.33	17.67	11.00	24.00	21.33	1.33	6.67	1.00	3.00	4.67	2.33	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.67		
Foram bentonik	8.67	8.67	3.33	0.67	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	6.67	1.00	3.00	6.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67		
Foram planktonik	1.67	0.67	3.00	1.33	2.67	6.00	7.33	4.00	5.00	5.33	6.00	9.67	5.67	3.67	3.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67		
Bryozoida	2.67	2.00	0.67	-	1.33	1.00	0.33	1.00	0.67	-	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sponges-spirales	0.67	1.67	-	-	0.67	1.00	1.00	-	-	-	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67		
Jelask bioturbasi	0.67	1.67	-	-	0.67	1.00	1.00	-	-	-	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67		
Tulang ikan	3.33	4.67	7.33	-	3.00	-	13.00	4.00	4.00	5.00	5.67	5.67	7.00	20.67	6.00	4.67	6.00	4.00	4.00	3.00	8.67	8.67		
Fosil tak terpetri	1.33	2.67	-	-	7.67	2.00	10.33	2.67	-	-	4.67	4.00	1.00	9.33	7.33	2.67	5.67	7.00	1.00	4.00	8.33	8.67		
Intrakals / ekstrakals	8.33	18.00	-	-	1.33	6.00	1.33	0.33	0.67	2.33	2.33	2.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Pilih / pilih	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Oolit / oolit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Batuira Terigen</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Kuarsa	2.00	0.67	1.33	-	-	1.33	0.33	-	-	-	0.33	1.67	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Feldspar	1.67	-	1.33	-	-	-	-	-	-	-	-	1.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Reputan batuan	0.67	-	0.33	-	-	-	-	-	-	-	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Butiran lain	2.00	0.67	1.33	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Matriks</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Lumpur karbonat	6.00	31.67	5.00	4.67	26.00	46.00	13.33	34.67	33.33	32.67	7.00	39.33	43.33	7.67	38.33	21.33	39.00	18.67	35.00	54.33	26.33	21.33		
Mineral lempung	4.67	4.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Penyebaran</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Orthosparit	8.00	6.67	10.67	-	8.00	5.33	4.00	14.67	8.33	5.67	4.00	7.33	5.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Oksida besi	3.33	1.67	0.67	1.00	1.00	1.67	0.67	0.67	0.67	0.67	1.67	1.67	2.33	3.33	1.00	1.33	1.33	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67		
Lempung authigenik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Silika	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Nematofora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mikrospora	18.67	-	17.33	-	3.33	1.00	12.33	12.33	3.33	4.67	8.67	4.00	4.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Pseudoparit	3.00	-	7.33	64.33	4.00	3.00	2.33	4.00	3.00	2.00	4.00	2.00	2.00	37.67	4.00	3.33	4.67	1.67	5.33	1.33	3.00	3.00		
Dolomit	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Lumpur mikritisasi	2.67	1.33	1.33	1.67	1.67	1.00	1.00	-	-	0.67	3.33	1.67	2.00	3.00	3.00	2.33	-	2.00	1.33	1.33	1.33	1.33		
Pirit	1.67	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Keperasan</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Antar/dalam partikel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Cristalin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Growth	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Antar kabur	2.67	0.67	2.67	1.67	2.00	0.67	1.67	0.67	1.67	0.67	2.67	1.33	1.33	1.00	1.33	2.00	0.67	3.00	3.00	1.33	1.33	5.67		
Shelter dan fenestral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Reksan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Nama Batuan	PB	PB	B	B	PBF	WB	PBF	WB	B	B	PB	WB	PBF	WB	PBF	WB	PBF	WB	PBF	PB	PB	PBF		
SMF / FZ	107	75	75	54	54	54	54	75	75	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	12.6		

Sumber: Maryanto (2007a & 2016a) diperjualbelikan.

kepingan batuan tak terperi, fosfat, dan glaukonit. Matriks lumpur karbonat sebagian telah tergantikan menjadi mikrosparit, bahkan beberapa telah terhablur ulang membentuk pseudosparit bersama-sama dengan butiran karbonat. Sedikit matriks mineral lempung pada umumnya tidak terpisahkan dengan lumpur karbonat. Material penyemen selalu hadir di dalam batuan dengan jumlah sangat terbatas, terutama adalah orthosparit, oksida besi, lempung authigenik, dan silika.

Packstone

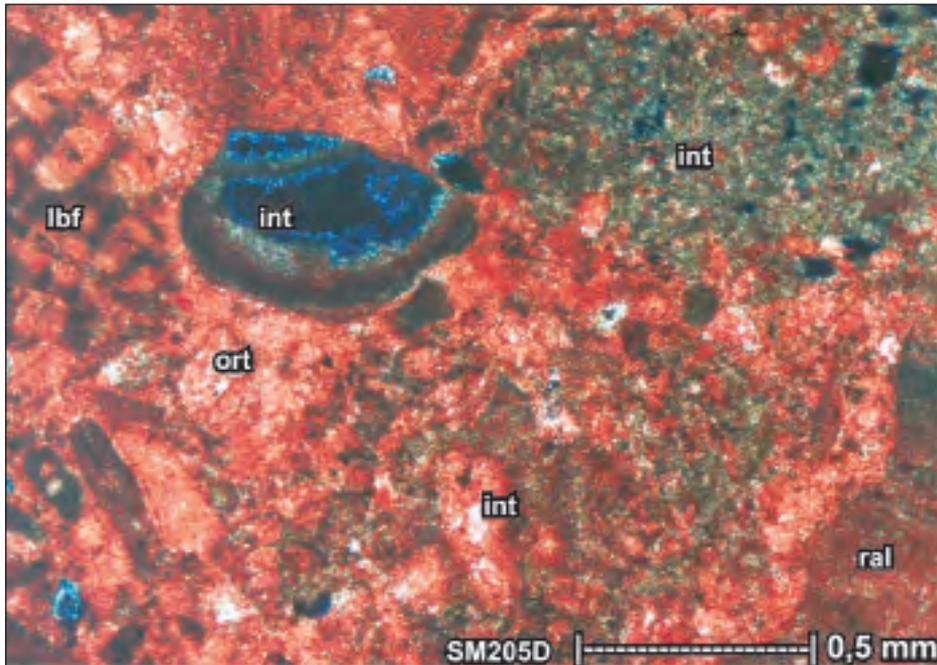
Batugamping bioklastika *packstone* juga hadir di seluruh bagian kolom, mulai dari bagian bawah, tengah, hingga atas runtunan batuan di lintasan penelitian. Batuan terlihat pejal dengan tekstur bioklastika fragmental halus hingga sedang. Bioklas terdiri atas fosil beragam jenis, ukuran, dan jumlahnya, tetapi masih dikuasai oleh moluska, ganggang merah, dan foraminifera (Gambar 7.62). Butiran karbonat, termasuk semua fosil tersebut pada umumnya telah tercuci dan terabrasi cukup baik (Gambar 7.63). Intraklas atau ekstraklas hadir pada batugamping yang berukuran agak kasar, tersebar tidak merata, dan terdiri atas batugamping terumbu, batugamping bioklastika, dan batugamping lumpuran



Sumber: Maryanto (2016a)

Gambar 7.62 Batugamping *packstone* dengan fosil beragam seperti foraminifera besar bentonik (lbf), moluska terganti (mol) dan pelet (pel) di dalam matriks lumpur karbonat (cmd), mencirikan SMF10-FZ7 daerah lerengan lokal belakang terumbu. Kode sampel SM202A (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



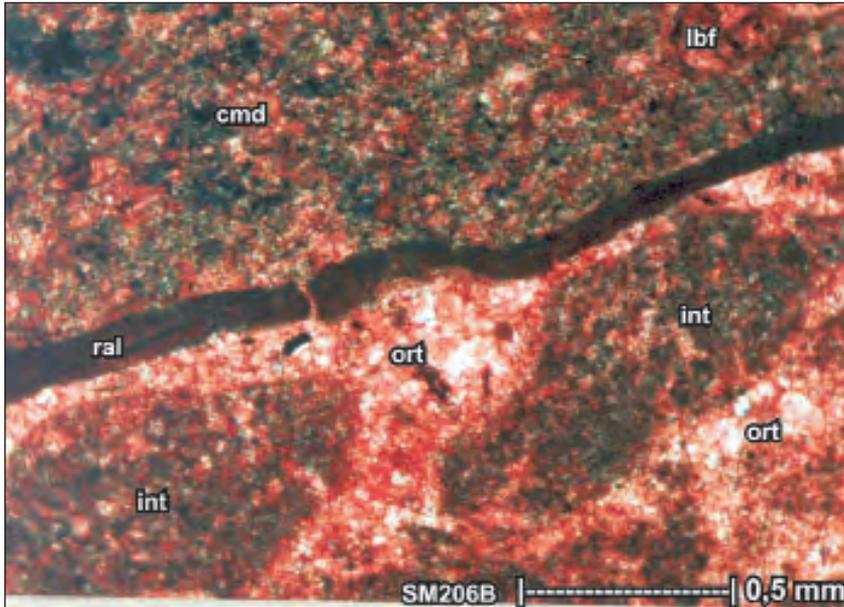
Sumber: Maryanto (2016a)

Gambar 7.63 Batugamping *packstone* dengan beberapa intraklas (int), foraminifera besar bentonik (lbf), ganggang merah (ral) yang telah tercuci dan tarabrasi, mencirikan SMF10-FZ7 daerah lerengan lokal belakang terumbu. Kode sampel SM205D (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol bersilang.

(Gambar 7.64). Pelet hadir terbatas berukuran sangat halus yang kadang-kadang tergantikan. Butiran terigen masih hadir tersebar tidak merata dan berjumlah terbatas. Matriks batuan berupa lumpur karbonat yang sebagian telah tergantikan menjadi mikrosparit dan terhablur ulang membentuk pseudosparit bersama-sama dengan butiran karbonat. Penyemen selalu hadir di dalam batuan dengan jumlah beragam, berupa orthosparit dan sangat jarang oksida besi.

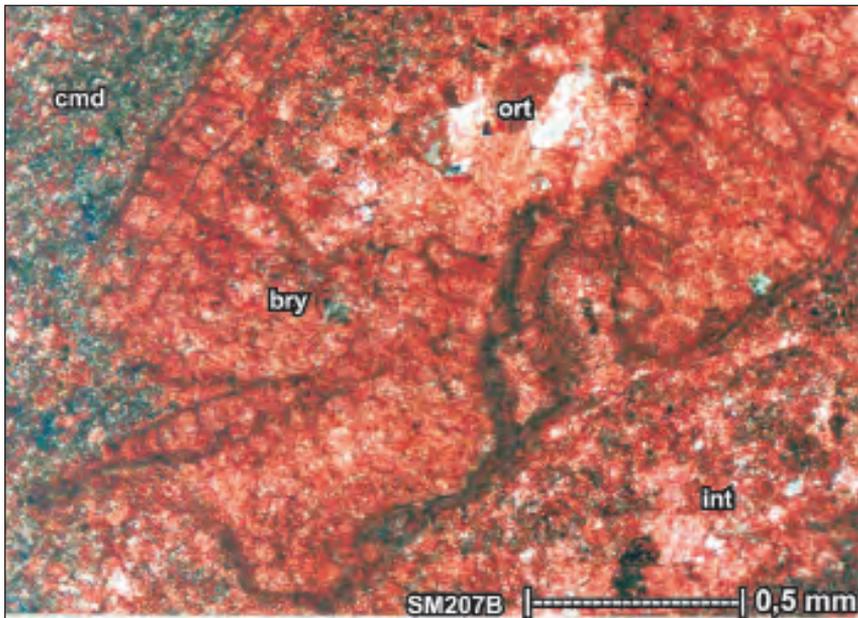
Floatstone

Batugamping bioklastika *floatstone* kebanyakan hadir di bagian tengah dan atas runtunan batuan di lintasan penelitian yang pada umumnya berselingan dengan *packstone-wackestone*. Batuan tampak pejal dengan tekstur bioklastika fragmental kasar dengan kemas terbuka meskipun di beberapa bagian mempunyai kemas tertutup karena konsentrasi butiran yang tidak merata. Bioklas hadir berupa fosil beragam jenis, ukuran, dan jumlahnya. Fosil itu, antara lain, foraminifera besar bentonik, moluska, koral, dan bryozoa, yang beberapa di antaranya termikritkan atau terhablur ulang. Isian rongga fosil berupa campuran antara lumpur karbonat dan orthosparit yang kadang-kadang membentuk struktur geopetal. Intraklas



Sumber: Maryanto (2016a)

Gambar 7.64 Batugamping *packstone* dengan beberapa intraklas (int), foraminifera besar bentonik (lbf), ganggang merah (ral) di dalam matriks lumpur karbonat (cmd), serta beberapa orthosparit (ort), mencirikan SMF5-FZ4 fasies sayap terumbu. Kode sampel SM206B (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol bersilang.



Sumber: Maryanto (2016a)

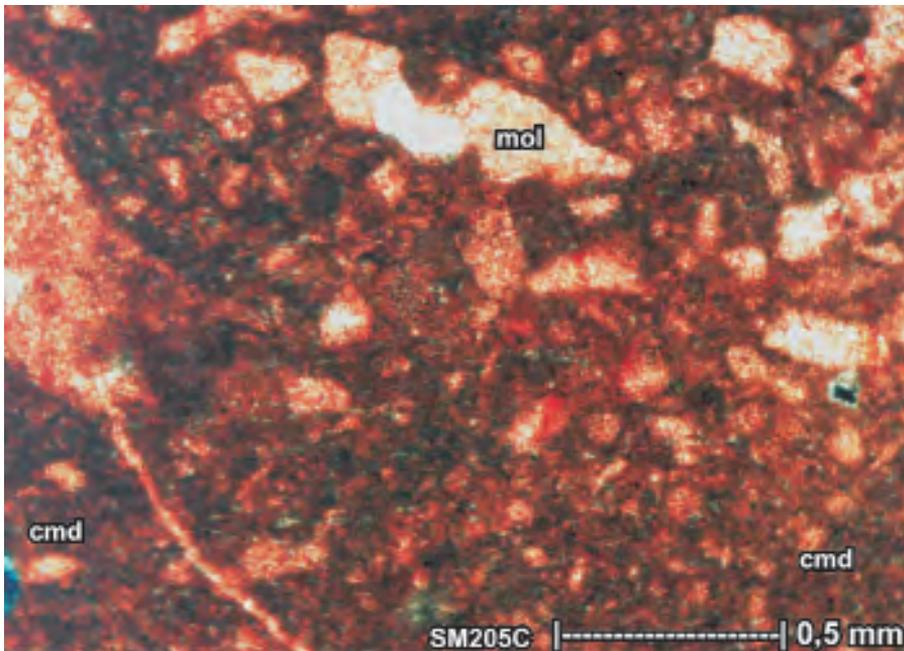
Gambar 7.65 Batugamping *wackestone/floatstone* dengan intraklas (int) dan bryozoa (bry) berukuran kasar di dalam matriks lumpur karbonat (cmd), mencirikan SMF5-FZ4 fasies sayap terumbu. Kode sampel SM207B (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

atau ekstraklas hadir berukuran sangat kasar, tersebar tidak merata, dan terdiri atas kepingan batugamping terumbu koral-ganggang-bryozoa (Gambar 7.65) dan batugamping bioklastika. Matriks lumpur karbonat sebagian telah tergantikan menjadi mikrosparit. Penyemen hadir terbatas di sela-sela butiran maupun di dalam butiran.

Boundstone

Batugamping nonklastika *boundstone* dijumpai sebagai sisipan di bagian bawah, tengah, dan semakin banyak di bagian atas runtunan stratigrafi di lintasan penelitian. Di bawah mikroskop polarisasi, batugamping nonklastika *boundstone* ini pada umumnya pejal, meskipun di lapangan terlihat berbuku-buku, dengan kerangka koral-ganggang-bryozoa sebagai pembangun utama batuan. Kerangka koral-ganggang-bryozoa tersebut sekaligus sebagai penjebak matriks lumpur karbonat. Sangat jarang fosil (bioklas) yang lain masih hadir, seperti ganggang merah, bryozoa, foraminifera besar bentonik, dan moluska yang tersebar tidak merata di dalam matriks batuan (Gambar 7.66). Kerangka fosil tersebut kadang-kadang telah terhablur ulang. Rongga di antara kerangka koral tersebut kadang-kadang terisi oleh semen karbonat orthosparit kalsit berkrystal halus hingga sedang mosaik drus anhedral.



Sumber: Maryanto (2016a)

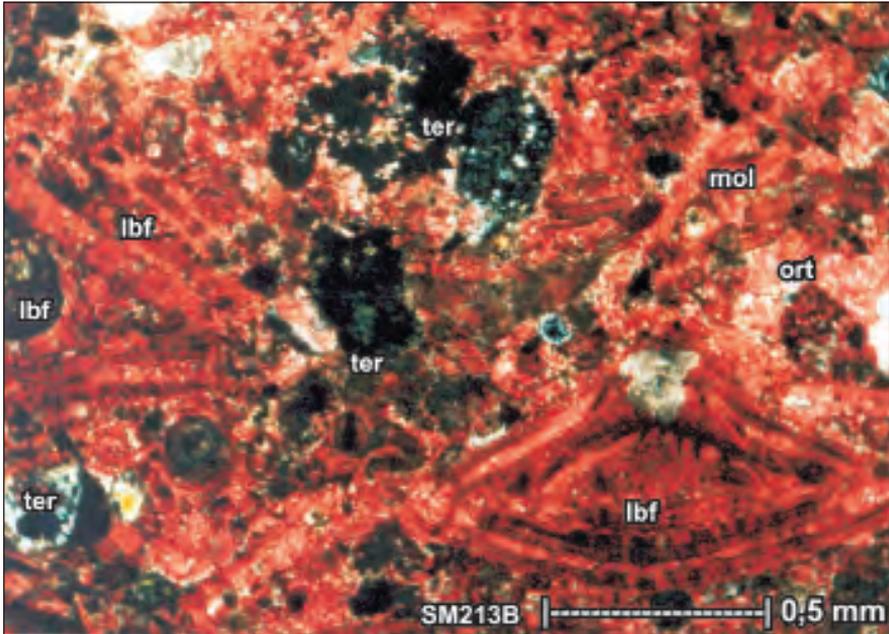
Gambar 7.66 Bagian matriks pada batugamping *bindstone* yang diperkirakan merupakan bagian terumbu lokal (*patch-reef*), dengan fosil moluska terganti (mol) di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Kode sa mpel SM205C (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol sejajar.

Packstone Pasiran

Batugamping bioklastika *packstone* pasiran dijumpai di bagian teratas runtunan stratigrafi hingga zona peralihan menuju Formasi Gumai. Batuan pada umumnya pejal hingga pengarahannya butiran dan bertekstur bioklastika fragmental sedang hingga kasar. Bioklas cukup dominan di dalam batuan yang terdiri atas fosil yang dikuasai oleh foraminifera besar bentonik (Gambar 7.67). Intraklas atau ekstraklas hadir jarang, tersebar tidak merata, dan terdiri atas kepingan batugamping bioklastika, dan batugamping lumpuran. Pelet hadir sangat jarang. Butiran terigen hadir tersebar agak merata, semakin banyak di bagian teratas (Gambar 7.68 dan 7.69), dan terdiri atas kuarsa, feldspar, kepingan batuan gunungapi, kepingan batuan sedimen argilit, kepingan batuan malihan, kepingan batuan tidak terperi, sangat jarang glaukonit, fosfat, mika, dan mineral opak. Penyemen selalu hadir di dalam batuan dengan jumlah beragam, berupa orthosparit, oksida besi, lempung authigenik, dan silika. Kebanyakan orthosparit yang hadir adalah orthosparit dari lingkungan meteorik freatik, diikuti orthosparit lingkungan laut, dan orthosparit lingkungan penimbunan. Oksida besi jumlahnya terbatas mengisi rongga dan retakan di dalam batuan. Mineral lempung authigenik terkonsentrasi sebagai pengisi rongga pelarutan. Silika yang berupa kuarsa, feldspar, dan zeolit yang hadir dari lingkungan meteorik freatik pasca penyemenan oleh orthosparit kalsit yang terbentuk lebih dahulu.

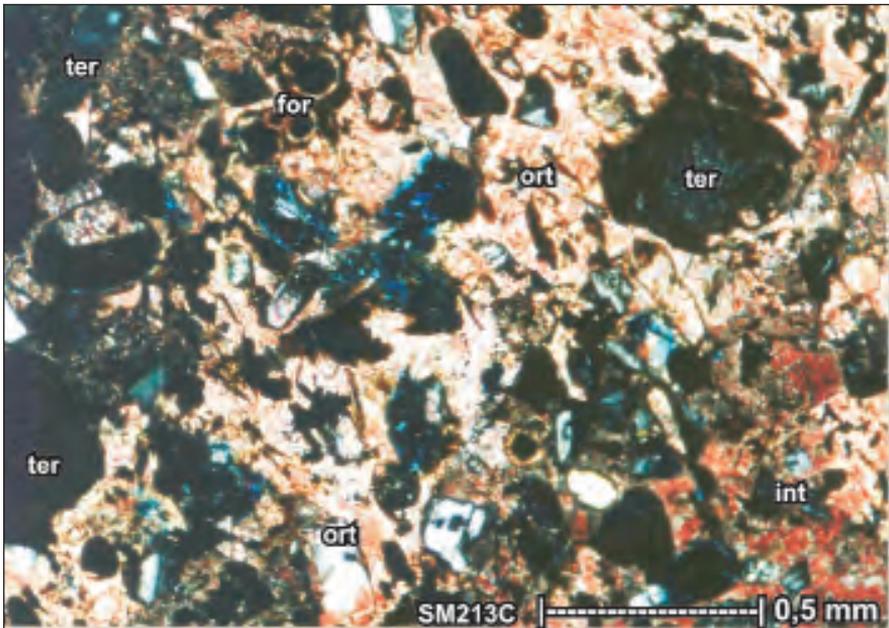
c. Mikrofasis

Bagian terbawah runtunan batuan Formasi Baturaja berupa batugamping *wackestone* dan masih mengandung kepingan kayu. Beberapa jejak galian organisme dijumpai, batuan berkandungan fosil beragam meskipun masih dikuasai oleh moluska dan ganggang. Batugamping seperti ini karakter sabuk fasies landaian laguna (*shelf lagoon*; Wilson, 1975; Read, 1985) yang berada di lingkungan belakang terumbu (Jones & Desrochers, 1992), khususnya pada lerengan lokal dengan sirkulasi terbuka (*local slope with open circulation*; SMF10-FZ7; Wilson, 1975, Flugel, 1982). Keadaan lingkungan pengendapan relatif stabil hingga berakhirnya pengendapan bagian bawah formasi. Tidak hadirnya atau jarang hadirnya pelet merupakan ciri khas paparan karbonat Neogen (Schlager & Reijmer, 2009). Secepatnya, batuan berkembang menjadi bangunan terumbu (*reef buildup*; SMF7-FZ5) yang dicirikan dengan keberadaan sisipan *boundstone*. Selanjutnya, runtunan batuan lebih banyak terbentuk pada fasies sayap terumbu (*reef-flank facies*; SMF5-FZ4), dicirikan dengan keberadaan *packstone* hingga *floatstone* yang mengandung kepingan batugamping terumbu.



Sumber: Maryanto (2016a)

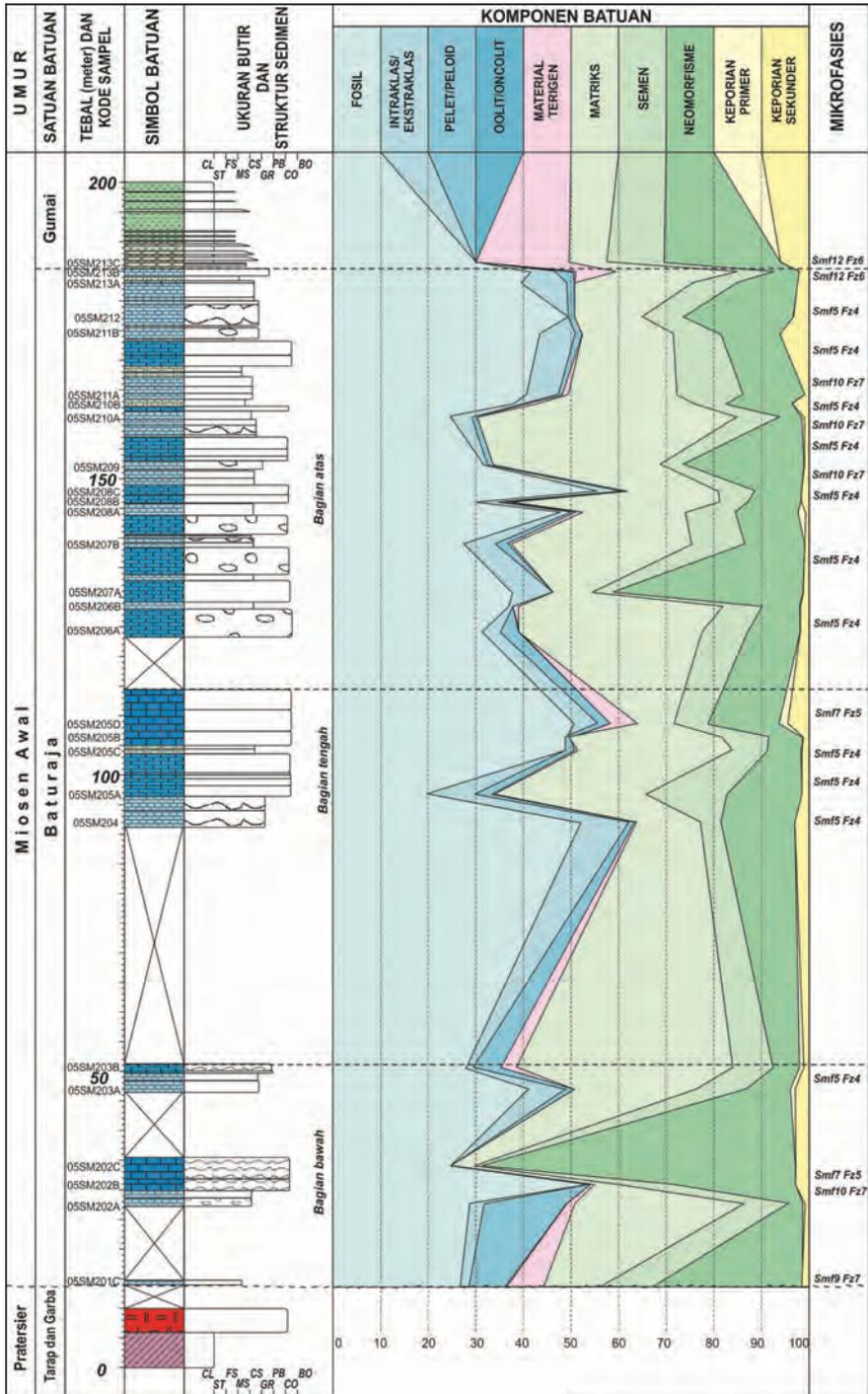
Gambar 7.67 Batugamping *packstone* pasiran dengan beragam bioklastika dan material terigen (ter), mencirikan SMF12-FZ6 paparan tertampi. Kode sampel SM213B (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol bersilang.



Sumber: Maryanto (2016a)

Gambar 7.68 Batugamping *packstone* pasiran, material terigen (ter) semakin banyak, masih mencirikan SMF12-FZ6 paparan tertampi. Kode sampel SM213C (lihat Gambar 7.54), kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2016a)

Gambar 7.69 Ringkasan Komponen Penyusun Batuan Karbonat Formasi Baturaja di Lintasan Air Malau, OKU Selatan, Sumatra Selatan Berdasarkan Data Petrografi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

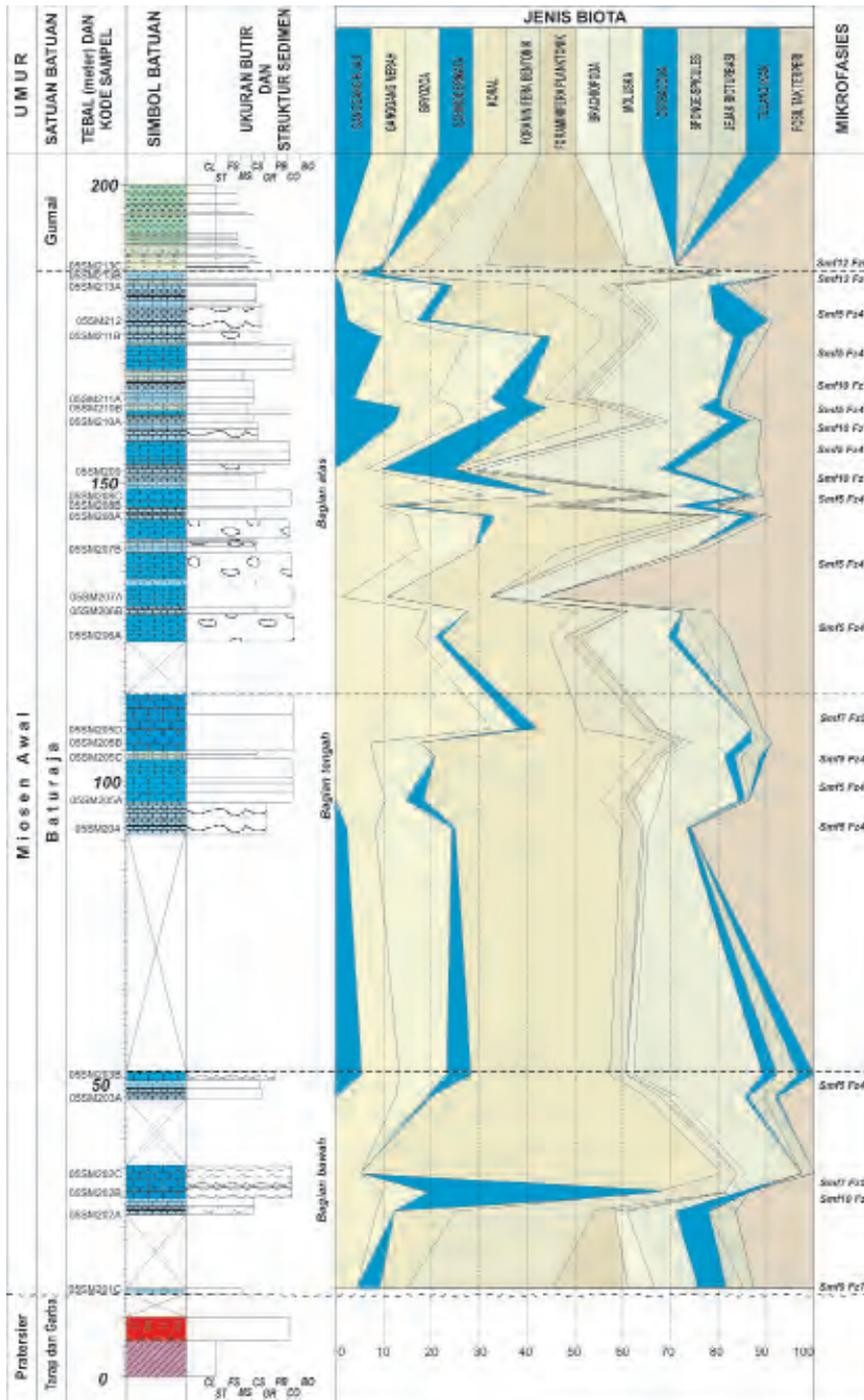
Bagian tengah runtunan batugamping Formasi Baturaja diawali dengan keberadaan *packstone* hingga *floatstone* yang mengandung beberapa kepingan batugamping terumbu, yang diendapkan pada fasies sayap terumbu. Perkembangan selanjutnya, batuan menjadi batugamping nonklastika *bindstone* dengan koral, bryozoa, ganggang sebagai pembangun utama batuan, mencirikan fasies bangunan terumbu (Tucker & Wright, 1990), yang sering kali berada di tepi paparan (*platform margin*; SMF7-FZ5).

Bagian atas runtunan batugamping Formasi Baturaja kebanyakan masih berupa *packstone* hingga *floatstone* yang mengandung beberapa kepingan batugamping terumbu, yang diendapkan pada fasies sayap terumbu. Perkembangan berikutnya, *packstone* tersebut menjadi berselingan dengan *wackestone* yang beberapa di antaranya masih berkembang menjadi *floatstone*. Kenampakan ini mencirikan adanya perulangan fasies pengendapan antara sayap terumbu dengan lerengan lokal terumbu belakang (SMF10-FZ7). Kandungan butiran karbonat yang beragam, seperti kepingan batugamping terumbu, koral, bryozoa, moluska, dan foraminifera besar bentonik (Gambar 7.70), mencirikan bahwa batuan terendapkan pada iklim tropis (Afzal & Jurgan, 2015; Kindler & Hearty, 1996; Harzhauzer & Piller, 2009). Bagian atas runtunan batuan ditutup oleh *packstone* yang mempunyai kelimpahan fosil foraminifera besar bentonik sangat nyata, dengan butiran telah terabrasi dan tercuci baik, mencirikan endapan tepi lerengan atau landaian pada paparan tertampi (*slope or shelf edges at winnowed platform*; SMF12-FZ6). Keberadaan endapan tepi lerengan atau landaian pada paparan tertampi ini masih berlangsung hingga zona peralihan menuju Formasi Gumai, dicirikan dengan keberadaan *packstone* pasiran.

d. Diskusi

Mengacu kondisi geologi regional Indonesia bagian barat, dapat dikatakan bahwa batuan alas batugamping adalah batuan piroklastika gunungapi mengindikasikan bahwa lintasan penelitian pada awalnya berada di lingkungan busur gunungapi (Gafoer dkk., 1993). Diawali dengan bentukan terban (*graben*) dan penyesaran utama di Cekungan Sumatra Selatan pada Miosen Awal (Hamilton, 1979; Hutchinson, 1996; Bishop, 2001), terbentuklah *pull-apart basin* Sumatra (Indranadi dkk., 2012). Kedudukan batugamping di daerah penelitian diduga diendapkan di busur belakang gunungapi Neogen Sumatra.

Di atas batuan gunungapi Formasi Kikim, terendapkan secara tak selaras batugamping Formasi Baturaja, sedangkan batuan sedimen klastika Formasi Talangakar tidak terendapkan di lintasan ini (Sukandi dkk., 2006). Bagian



Sumber: Maryanto (2016a)

Gambar 7.70 Persentase Perbandingan Komponen Fossil pada Batuan Karbonat Formasi Baturaja di Lintasan Air Malau, OKU Selatan, Sumatra Selatan, Berdasarkan Data Petrografi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

terbawah batugamping Formasi Baturaja diawali oleh batugamping bioklastika *wackestone* yang diendapkan di lingkungan pengendapan lerengan lokal terumbu. Sehubungan dengan proses genang laut, lingkungan pengendapan berkembang menjadi fasies sayap terumbu dengan beberapa sisipan bangunan terumbu berbuku-buku.

Proses genang laut yang cukup nyata mengawali pengendapan bagian tengah batugamping Formasi Baturaja, yang diawali dengan batugamping *packstone* hingga *floatstone* dari lingkungan pengendapan sayap terumbu. Lingkungan pengendapan ini sangat dominan di bagian tengah runtunan batugamping. Lingkungan pengendapan ini diakhiri dengan bangunan terumbu berbuku-buku.

Menginjak bagian atas batugamping Formasi Baturaja, lingkungan pengendapan secara berulang adalah fasies sayap terumbu yang bergantian dengan lerengan lokal terumbu belakang. Tampaknya, proses genang laut maksimum terjadi pada saat pengendapan bagian atas ini. Selanjutnya, runtunan batuan ditutup dengan keberadaan batugamping dari fasies pengendapan lerengan atau landaian pada paparan tertampi.

Pola perkembangan lingkungan pengendapan batugamping Formasi Baturaja yang diawali dengan fase genang laut dan diakhiri susut laut ini juga terjadi di Lintasan Air Napalan (sebelah utara lintasan penelitian; Maryanto, 2005), dan di Lintasan Air Saka (selatan Pegunungan Garba; Maryanto, 2008). Selanjutnya, Formasi Baturaja tertindih selaras oleh batuan silisiklastika laut dangkal nonkarbonat Neogen dan batuan gunungapi Kuartar. Keadaan genang laut maksimum pada Miosen Awal ini agak berbeda dengan apa yang dinyatakan oleh Bishop (2001) yang menyebutkan bahwa genang laut maksimum terjadi pada Miosen Tengah, yaitu pada saat pengendapan Formasi Gumai.

Dengan diketahuinya perkembangan fasies pengendapan seperti tersebut di atas, dapat diperkirakan bahwa nilai keporian batuan primer hanya didapatkan dalam jumlah terbatas (lihat Gambar 7.69). Meskipun demikian, jenis keporian sekunder masih memungkinkan untuk terbentuk apabila ada proses diagenesis (Borszcz, 2014; Ahr, 2008), termasuk juga yang berpengaruh terhadap batugamping Formasi Baturaja. Proses diagenesis, khususnya peretakan meningkatkan nilai keporian batuan, mulai dari batuan pra-Paleogen (Amel dkk., 2015; Sunarjanto & Widjaja, 2013) hingga batuan Paleogen, termasuk batugamping Formasi Baturaja (Yuliandri dkk., 2012). Nilai keporian pada batugamping Formasi Baturaja meningkat dengan adanya kekar dan retakan (Padmono dkk., 2011, Wright & Harris, 2013). Meskipun di permukaan retakan-retakan tersebut telah terisi oleh

semen karbonat orthosparit kalsit, dimungkinkan di bawah permukaan keporian sekunder retakan tersebut masih terawetkan. Dengan demikian, batugamping Formasi Baturaja masih memungkinkan untuk berfungsi sebagai batuan waduk hidrokarbon.

B. FORMASI RAJAMANDALA DI JAWA BARAT

1. GAMBARAN UMUM

Kegiatan penelitian geologi terhadap Formasi Rajamandala telah dilakukan antara lain oleh Harting (1929), Musper (1939), dan Bemmelen (1949). Perkembangan tektonik dan stratigrafi Jawa Barat dimulai dari Kapur hingga Miosen Akhir (Clements & Hall, 2007). Batugamping Formasi Rajamandala terbentuk di tepian Dataran Sunda (Febriani, 2014) dan berakhir karena kegiatan gunungapi pada kala Miosen Tengah (Hall dkk., 2007). Dengan kondisi tektonik tersebut, Formasi Rajamandala cukup berpotensi sebagai batuan waduk hidrokarbon (Hakiki dkk., 2012; Insani dkk., 2010), yang juga berfungsi sebagai batuan sumber (Erdiansyah dkk., 2015).

Batugamping Formasi Rajamandala yang berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Awal (Wibowo & Kapid, 2014), ditafsirkan sebagai bagian dari karang penghalang (*barrier reef*) yang berarah timur-timur-laut–barat-barat-daya dengan bagian muka terumbu dan cekungan berada di bagian utara (Siregar, 2005). Fasies terumbu yang terbentuk merupakan hasil bentukan pada paparan karbonat terisolasi di wilayah tektonik cekungan busur belakang (Febriani, 2014) dengan keadaan genang laut (Riswanti dkk., 2012; Jeffrey, 2008). Fasies laguna tersusun oleh bioklastika *packstone* kaya fosil, batuan fasies terumbu disusun oleh *boundstone* dan *rudstone*, fasies lerengan didukung oleh pecahan koral dan endapan breksi aliran pelongsoran, serta fasies lerengan jauh didukung oleh *packstone* turbidit dan berselingan dengan napal dan serpih (Insani dkk., 2010; Tabri, 2006). Pada Kala Miosen Tengah, fasies batugamping tersebut sangat berkurang dan perkembangannya terhenti akibat kegiatan letusan di Busur Gunungapi Jawa (Clement & Hall, 2007).

Kegiatan pemetaan geologi bersistem berskala 1:100.000 telah dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung (Sudjatmiko, 2003). Satuan batuan tertua yang tersingkap di daerah penelitian secara berurutan adalah Formasi Rajamandala (Toml/Tomc), dan secara berturut-turut ditindih oleh satuan batuan sedimen dan gunungapi, yaitu Formasi Citarum (Tmts), Formasi Jatiluhur (Tmtb/Tmdn), Formasi Cantayan (Tmcc), Satuan tuf batuapung dan batupasir

tufan (Tmpt), Satuan breksi tufan, lava, batupasir, konglomerat (Tmptb), Satuan hasil gunungapi tua (Qob), Satuan hasil gunungapi muda (Qyv), dan Aluvium.

Dari hasil penelitian tersebut, masih ada permasalahan pada batugamping Formasi Rajamandala ini, yaitu apakah pernyataan bahwa batugamping Formasi Rajamandala merupakan karang penghalang dengan bagian cekungan busur belakang berada di utara dengan keadaan genang laut sudah tepat. Formasi Rajamandala ini belum pernah diteliti dengan membuat kolom stratigrafi rinci yang memuat litostratigrafi terukur dilengkapi dengan ciri-ciri dan perkembangan litologi dalam suatu runtunan fasies batuan.

Penelitian oleh penulis yang termuat dalam Maryanto (2012b), Maryanto (2009) dan Maryanto dkk. (2008) dilakukan untuk mengetahui proses dan perkembangan lingkungan pengendapan yang membentuk runtunan stratigrafi batugamping penyusun Formasi Rajamandala di lintasan terpilih, yaitu Lintasan Sanghyang dan Gua Pawon, Citatah, Bandung Barat (Gambar 7.71). Lokasi ini dipilih karena batugamping Formasi Rajamandala tersingkap cukup baik sehingga aspek sedimentologinya dapat diketahui dengan baik. Pengujian petrografi batugamping di lintasan ini digunakan untuk memperkuat analisis dan interpretasi aspek sedimentologi. Penggolongan jenis batugamping yang ada didasarkan kepada klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962) yang disempurnakan oleh Embry dan Klovan (1971).



Gambar 7.71 Peta Lokasi Daerah Penelitian di Bandung Barat

Buku ini tidak diperjualbelikan.

2. LINTASAN SANGHYANG

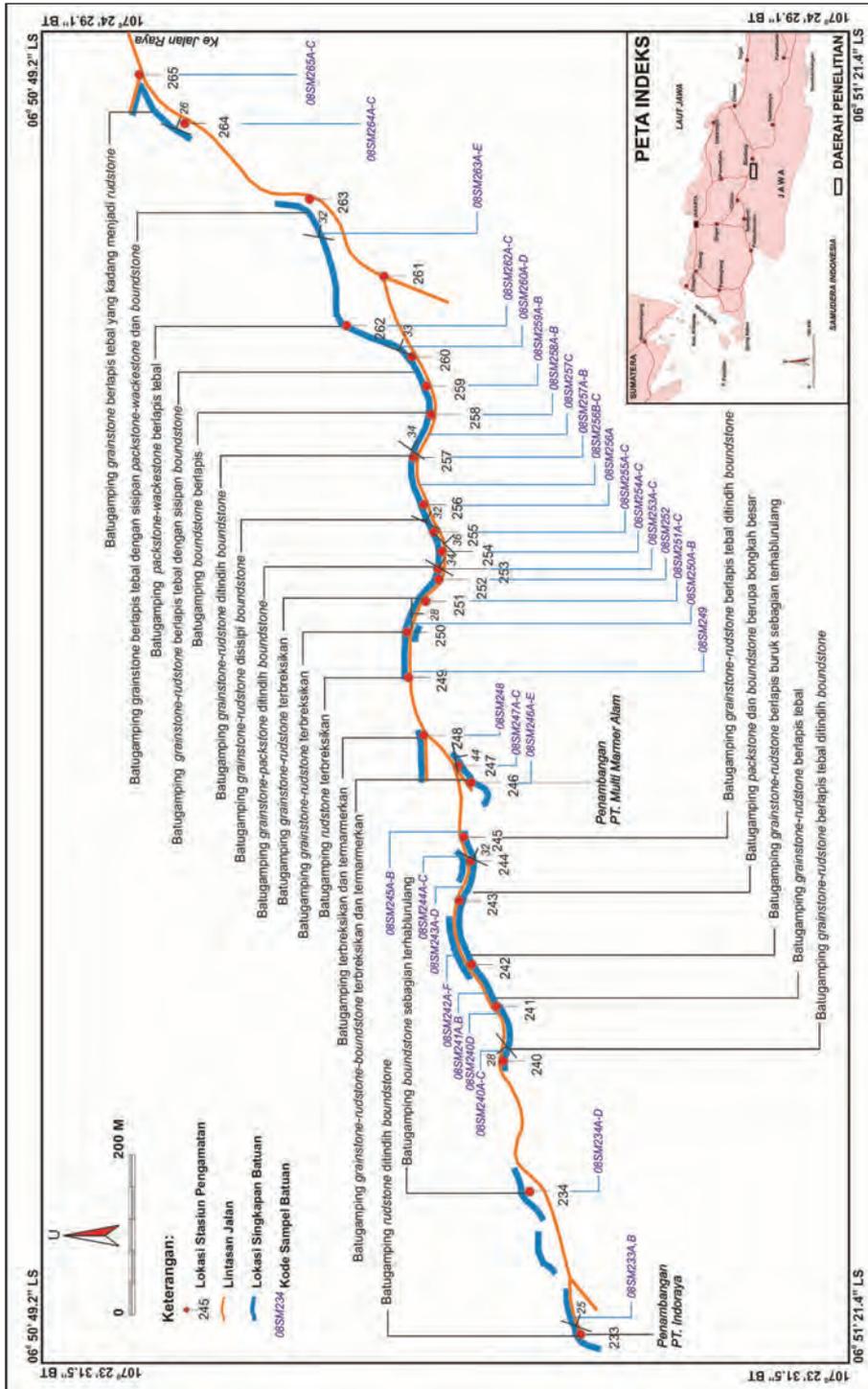
a. Stratigrafi

Formasi Rajamandala yang berumur Oligo-Miosen terdiri atas dua anggota (Sudjatmiko, 2003; Gambar 7.72), yaitu Anggota batugamping (Toml) dan Anggota lempung, napal, batupasir kuarsa (Tomc). Anggota Batugamping Formasi Rajamandala (Toml), yang secara stratigrafi berkedudukan paling tua di antara batuan sedimen Neogen di daerah penelitian, berketebalan mencapai 650 m dan terdiri atas batugamping pejal sampai batugamping berlapis dengan fosil foraminifera berlimpah, berumur Oligo-Miosen, dan terendapkan di lingkungan paparan karbonat. Batugamping ini tersebar memanjang berarah barat-timur yang sesuai dengan arah struktur geologi regional (Febriani, 2014). Anggota lempung, napal, batupasir kuarsa Formasi Rajamandala (Tomc) berketebalan mencapai 1.150 m, bagian bawahnya berhubungan menjemari dengan anggota Batugamping, terdiri atas lempung, lempung napalan, napal globigerina, batupasir kuarsa, dan konglomerat kerakal kuarsa, dan terendapkan di lingkungan laut terbuka.

Berdasarkan peta geologi bersistem Lembar Cianjur tersebut (Sudjatmiko, 2003), dibuat satu lintasan pengukuran stratigrafi rinci pada Formasi Rajamandala. Pengukuran stratigrafi rinci dilakukan di Lintasan Sanghyang yang berarah memanjang dari barat ke timur, dimulai dari lokasi 08SM233, yaitu di wilayah penambangan PT Indoraya (Gambar 7.73). Lintasan stratigrafi rinci Sanghyang ini secara umum berada di sepanjang jalan pertambangan dan jalan setapak, serta beberapa bagian menaiki tebing. Batugamping yang tersingkap di lintasan ini membentuk perlapisan miring landai hingga sedang ke arah timur laut dan ketebalan formasi yang terukur mencapai 180 m (Gambar 7.74).

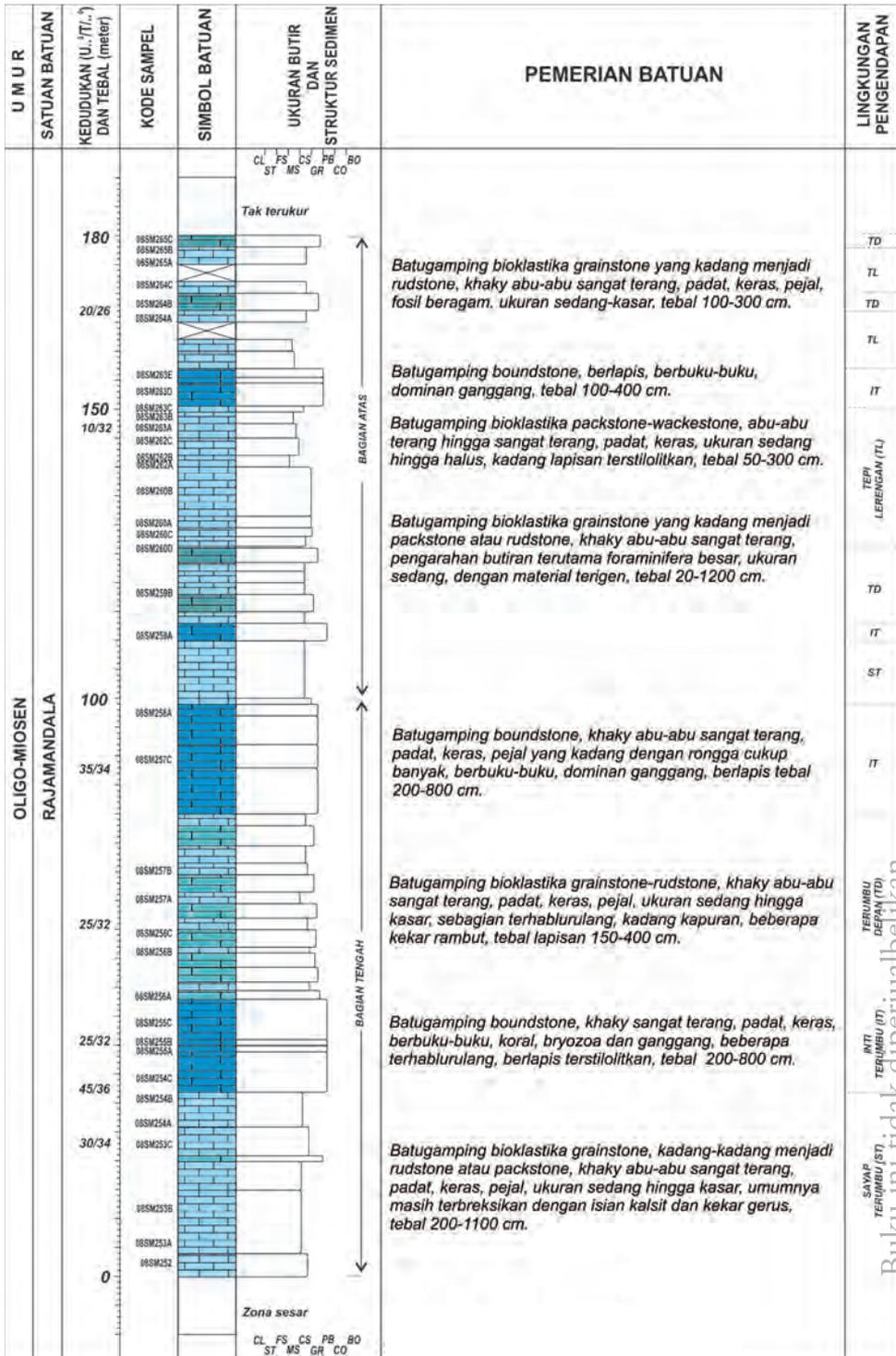
Di lokasi 08SM234 tersingkap dengan baik seri batugamping karena ditambang atau sedang dilakukan pengupasan (Gambar 7.75), yang secara umum berupa batugamping *boundstone* yang tumbuh di atas batugamping *rudstone* (Gambar 7.76). Stratigrafi rinci selanjutnya hanya sepotong-sepotong karena batuan telah tersesarkan. Keadaan ini terjadi hingga di lokasi 08SM245. Ragam batuan yang dapat diidentifikasi di segmen lintasan ini secara umum terdiri atas perlapisan batugamping *boundstone* yang tumbuh di atas batugamping *grainstone-rudstone* yang cukup tebal (Gambar 7.77).

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2012b)

Gambar 7.73 Peta Pengukuran Stratigrafi dan Pengambilan Sampel Batuan di Lintasan Sanghyang



Sumber: Maryanto (2012b)

Gambar 7.74 Kolom Stratigrafi Formasi Rajamandala di Lintasan Sanghyang, Jawa Barat



Sumber: Maryanto (2012b)

Gambar 7.75 Batugamping *boundstone* yang dipotong oleh PT Indoraya untuk bahan baku marmer. Batuan ini merupakan bagian bawah batugamping Formasi Rajamandala. Difoto di lokasi 234 (lihat Gambar 7.73), Lintasan Sanghyang.



Sumber: Maryanto (2012b)

Gambar 7.76 Batugamping *boundstone* yang tumbuh di atas batugamping *rudstone*. Batuan ini merupakan bagian bawah batugamping Formasi Rajamandala. Difoto di lokasi 240 (lihat Gambar 7.73), Lintasan Sanghyang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2012b)

Gambar 7.77 Pelapisan batugamping *boundstone* yang tumbuh di atas batugamping *rudstone* di lokasi yang lain. Batuan ini merupakan bagian bawah batugamping Formasi Rajamandala. Difoto di lokasi 245 (lihat Gambar 7.73), Lintasan Sanghyang.

Lapisan secara umum terpolapola *stylobeded* yang beberapa bagian tampak telah terbreksikan, mengandung beberapa rongga bekas gua dengan isian travertin. Segmen stratigrafi berikutnya berada di wilayah pertambangan marmer PT Multi Marmer Alam (Gambar 7.78). Di lokasi ini diidentifikasi batugamping yang meliputi batugamping *boundstone*, *rudstone*, dan *grainstone*. Segmen stratigrafi berikutnya merupakan zona sesar besar. Batugamping yang ada di segmen lintasan ini pada umumnya telah terbreksikan, terkekarkan, dan beberapa bagian tersesarkan, dengan tanda-tanda tektonik seperti gores-garis pada bidang sesar. Jenis batugamping yang ada meliputi breksi sesar dan marmer dengan batuan dasar berupa batugamping *grainstone/rudstone* berlapis buruk. Stratigrafi di bagian ini tidak dapat dirunut dengan baik, tetapi dengan memperhatikan pola perulangan litologi yang dijumpai, dapat diyakini bahwa batuan tersebut di atas merupakan bagian bawah dari batugamping Formasi Rajamandala.

Dari lokasi 08SM251, stratigrafi batugamping Formasi Rajamandala dapat dirunut dengan baik dan dianggap merupakan awal terendapkannya bagian tengah formasi. Runtunan batuan diawali oleh batugamping klastika kasar *grainstone-*



Sumber: Maryanto (2012b)

Gambar 7.78 Salah satu bukit batugamping yang dikupas oleh PT Multi Marmer Alam. Runtunan batuan di sini merupakan bagian bawah hingga tengah batugamping Formasi Rajamandala. Difoto dari lokasi 253 (lihat Gambar 7.73), Lintasan Sanghyang.

rudstone berlapis buruk dengan ketebalan lebih dari 20 m dan ditindih oleh batugamping *boundstone*. Kekar gerus, pembreksian, gores garis, penggerusan, dan beberapa sesar mikro hadir di dalam batuan. Batugamping *grainstone-rudstone* tampak berwarna kuning abu-abu sangat terang, padat, keras, pejal, terbreksikan isian kalsit banyak. Batugamping *boundstone* berwarna kuning abu-abu sangat terang, padat, keras, berbuku-buku, kekar, dan isian kalsit banyak. Runtunan selanjutnya dikuasai oleh batugamping *grainstone-rudstone* berlapis membintal (*stylobeded*), dengan berbagai ragam warna. Batuan selanjutnya berkembang menjadi seri berlapis berbuku-buku batugamping *boundstone* setebal 600 cm, dan diikuti oleh lapisan lain setebal 200–800 cm. Perkembangan selanjutnya, batuan menjadi seri berlapis yang tidak terukur berupa batugamping klastika *grainstone-rudstone*, yang beberapa bagian masih terkekarkan dengan pola lapisan *stylobeded*. Material terigen (kuarsit dan material lainnya) kadang hadir pada batugamping klastika ini. Batuan berikutnya berupa seri berlapis dimulai dari batugamping *packstone* tebal lebih dari 500 cm, diikuti oleh batugamping *grainstone-rudstone* berketebalan sekitar 600 cm, dan ditindih oleh batugamping *boundstone* dengan

tebal 400 cm (Gambar 7.79). Kekar mulai jarang meskipun pola lapisan *stylobeded* masih menonjol. Runtunan selanjutnya adalah batugamping *boundstone* berketebalan 200–800 cm, umumnya berstruktur berbuku-buku yang *stylobeded*, beberapa menampakkan rongga pelarutan sangat intensif. Kekar mulai jarang meskipun pola lapisan *stylobeded* masih menonjol.

Lapisan bagian atas Formasi Rajamandala di Lintasan Sanghyang tersusun oleh batugamping klastika kasar *grainstone-rudstone* tebal lebih dari 10 m (Gambar 7.80), kemudian diikuti oleh batugamping *boundstone* setebal 300 cm, umumnya berbuku-buku, diakhiri oleh batugamping *grainstone-rudstone* tebal lebih dari 10 m. Selanjutnya, batuan berupa seri lapisan batugamping *grainstone* berketebalan 600 cm dengan sisipan batugamping *grainstone* yang mengandung foraminifera besar setebal 10 cm, batugamping *grainstone* dengan tebal 100 cm, batugamping *packstone* 100 cm, batugamping *grainstone-rudstone* 200 cm, dan batugamping *rudstone* dengan ketebalan lebih dari 500 cm. Seri ini diikuti oleh lapisan batugamping *packstone-wackestone* berketebalan 200–400 cm (Gambar 7.81).



Sumber: Maryanto (2012b)

Gambar 7.79 Batugamping *grainstone-rudstone* ditindih oleh batugamping *boundstone*, bagian tengah batugamping Formasi Rajamandala. Difoto di lokasi 256 (lihat Gambar 7.73), Lintasan Sanghyang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2012b)

Gambar 7.80 Batugamping *rudstone* dengan berbagai komponen fragmen yang merupakan bagian atas batugamping Formasi Rajamandala. Difoto di lokasi 260 (lihat Gambar 7.73.), Lintasan Sanghyang.



Sumber: Maryanto (2012b)

Gambar 7.81 Batugamping bioklastika yang membentuk seri perlapisan. Batuan ini merupakan bagian teratas batugamping Formasi Rajamandala. Difoto di lokasi 263 (lihat Gambar 7.73), Lintasan Sanghyang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Batuan yang sebelumnya hanya berupa longsoran *in situ*, menjadi singkapan yang cukup baik di bagian teratas formasi. Batuan berupa seri lapisan batugamping *wackestone-grainstone* berketebalan 100–400 cm, dengan beberapa sisipan batugamping *rudstone* yang masih mengandung banyak fragmen batugamping *boundstone* 100–400 cm (Gambar 7.82). Seri lapisan selanjutnya adalah batugamping *grainstone-rudstone* berketebalan 200–300 cm, dan dilanjutkan dengan bongkahan batugamping, menutup runtunan stratigrafi di Lintasan Sanghyang ini. Hubungan stratigrafi batugamping Formasi Rajamandala dengan satuan batuan yang lebih muda tidak diketahui.



Sumber: Maryanto (2012b)

Gambar 7.82 Tampak dekat *rudstone* yang masih mengandung bongkahan batugamping koral (*boundstone*), yang merupakan bagian teratas batugamping Formasi Rajamandala. Difoto di lokasi 264 (lihat Gambar 7.73), Lintasan Sanghyang.

Dari lintasan stratigrafi yang telah diukur tersebut, beberapa sampel batugamping diambil untuk diuji petrografi (Tabel 7.9). Berdasarkan hasil analisis petrografi yang telah dilakukan terlihat bahwa jenis batugamping yang dijumpai di Lintasan Sanghyang ini terdiri atas *boundstone*, *rudstone*, *grainstone*, dan *packstone*. Runtunan batugamping ini berulang sesuai dengan kedudukan stratigrafi terukur yang telah dilakukan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tabel 7.9 Ringkasan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Rajamandala di Lintasan Sanghyang, Bandung Barat

PEMERIKSA	KUEBANGAS															
	SM	SH	SM													
Syalakan	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Tektite	bl	cl	nc	cl												
Pemilihan	pp	p	-	pp												
Kevase	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
Rantai uk. butir kasar	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0
Densitas butir	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
Histogram filter	pl	cl	nc	cl												
Pencetakan kuantitatif																
Distribusi karbonat																
Grainula	42.8	57.9	49.0	47.0	40.0	33.0	49.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0
Intrasiklik/konkalin	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0
Oboliterasi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pelapukan	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Akronis Jerges																
Karsas	8.5	8.0	0.5	0.0	1.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Fridolite	8.5	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Kerapang butiran	8.5	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Butiran lain	8.5	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Akronis																
Lampir karbonat	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
Mikroalveoli	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Prismatis																
Oboliterasi	5.0	15.0	15.0	14.0	14.0	12.0	14.0	12.0	14.0	12.0	14.0	12.0	14.0	12.0	14.0	12.0
Ukuran butir	1.0	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Lerengnya andap/atas	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0
Serwis/bis	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Zonasi/ribuk																
Mikrotopografi	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Pseudopori	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Lampir mikroskopis	1.0	1.5	0.0	0.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0
Konkrit																
Antar-selular partikel	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Pemerang silika	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Geometri	1.5	1.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Selular lain	4.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Matrik Butiran	F	R	B	R	B	R	B	R	B	R	B	R	B	R	B	R
SMP / FZ	54	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64

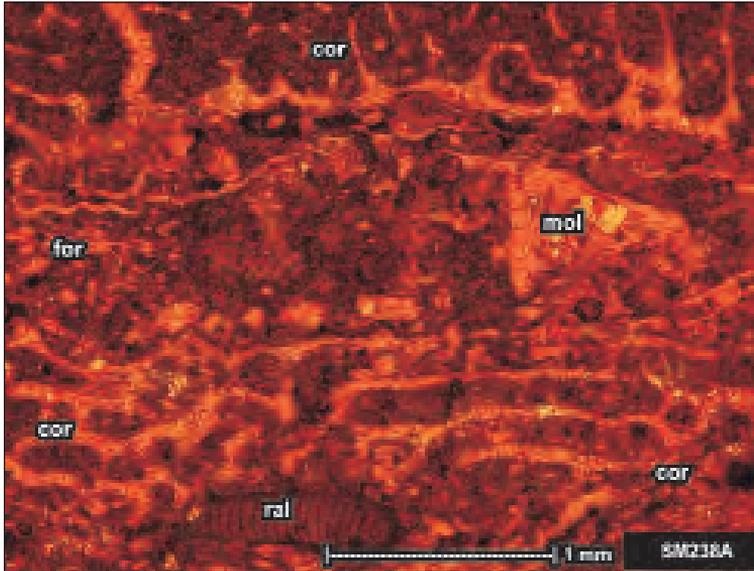
Sumber: Maryanto (2017b) tidak diperjualbelikan.

b. Sedimentologi

Aspek stratigrafi bagian terbawah batugamping Formasi Rajamandala di Lintasan Sanghyang tidak teramati dengan baik. Dengan demikian, hubungan stratigrafi bagian terbawah batugamping Formasi Rajamandala dengan satuan batuan yang lebih tua tidak diketahui. Meskipun demikian, dengan mengacu keadaan geologi regional Indonesia bagian barat, sebagai contohnya yaitu di Pegunungan Garba–Sumatra Selatan pada Kala Oligo-Miosen, dapat dikatakan bahwa batuan alas batugamping Neogen Awal adalah batuan silisiklastika endapan darat yang termasuk ke dalam Formasi Talangakar (Bishop, 2001; Maryanto, 2005, 2007). Batuan silisiklastika setara dengan Formasi Talangakar boleh jadi berada di bawah permukaan daerah penelitian Bandung Barat ini.

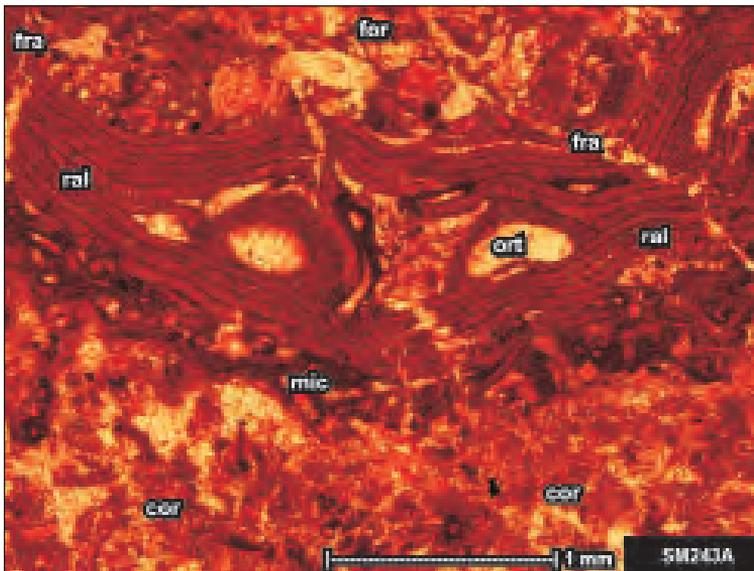
Bagian bawah runtunan stratigrafi batugamping Formasi Rajamandala masih kurang teramati dengan baik karena tersesarkan dengan intensif. Meskipun demikian, secara setempat-setempat aspek sedimentologi batugamping di segmen ini masih dapat diperkirakan dengan baik. Keberadaan batugamping *boundstone* yang menindih batugamping *rudstone* di segmen ini mencerminkan bahwa lingkungan pengendapan pada saat itu adalah inti terumbu (*core-reef buildup*; Wilson, 1975). Karakter *boundstone* (Gambar 7.83) yang kaya akan koral dan bebas matriks yang terjebak di antara koral mencerminkan bagian terumbu depan yang mempunyai energi tinggi (*reef-front*; Tucker & Wright, 1990). Batugamping *rudstone* (Gambar 7.84) mencerminkan lingkungan pengendapan terumbu depan atau disebut sebagai lerengan terumbu depan (*fore-reef slope*; Flugel, 1982) dengan longSORAN yang intensif. Keberadaan beberapa batugamping *grainstone* dan kadang-kadang *packstone* yang berbutir lebih halus dengan komponen mengandung pecahan terumbu menunjukkan lingkungan pengendapan sayap terumbu (*reef-flank*; Flugel, 1982). Perulangan lapisan tidak teramati pada segmen bawah batugamping Formasi Rajamandala ini, tetapi hal ini mulai teramati dengan baik di bagian tengah formasi.

Bagian tengah Formasi Rajamandala diawali dengan keberadaan batugamping *grainstone* (Gambar 7.85) yang merupakan tipe endapan sayap terumbu (*reef-flank*). Batugamping ini berlapis tebal, ketebalan total terukur 33 m, dengan ukuran butiran pasir kasar hingga sangat kasar berlapis susun. Selanjutnya, batuan ditindih oleh batugamping *boundstone* yang terbentuk pada inti terumbu. Ada dua seri pertumbuhan terumbu di segmen ini dengan ketebalan total mencapai 20 m. Runtunan berikutnya merupakan seri pengendapan yang berulang antara terumbu depan hingga sayap terumbu, kemudian ditutup dengan batugamping terumbu *boundstone* (Gambar 7.86) setebal 20 m lagi. Dari runtunan tersebut, terlihat bahwa lingkungan inti terumbu masih dominan pada bagian tengah runtunan batugamping Formasi Rajamandala ini.



Sumber: Maryanto (2012b)

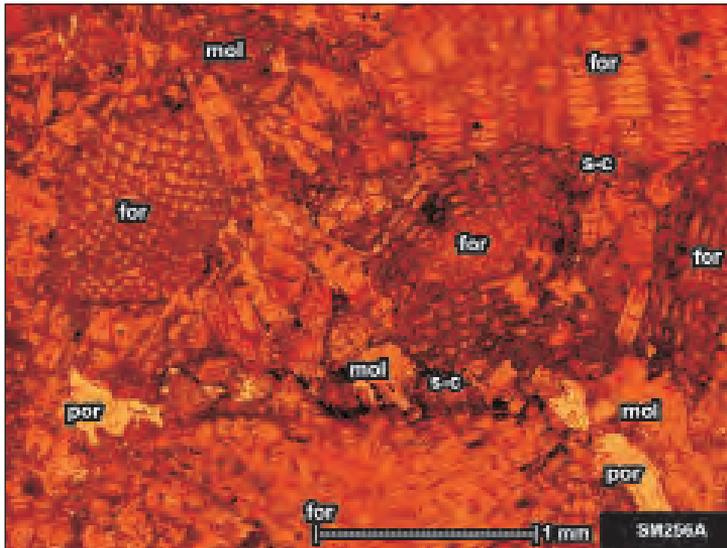
Gambar 7.83 Batugamping *boundstone* dengan komponen kerangka koral berbuku-buku (*cor*), selain sedikit ganggang merah (*ral*) dan moluska (*mol*). Batuan ini merupakan bagian bawah batugamping Formasi Rajamandala. Kode sampel SM238A, lihat Gambar 7.74, dengan kedudukan lensa nikol sejajar.



Sumber: Maryanto (2012b)

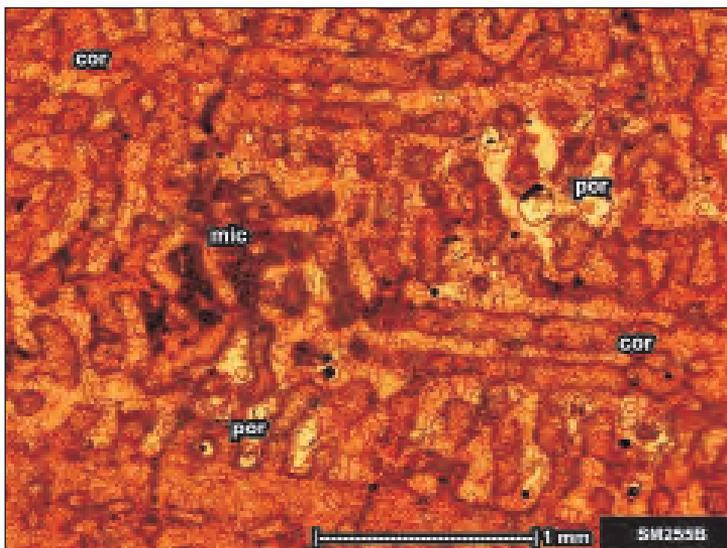
Gambar 7.84 Batugamping *rudstone/grainstone* dengan komponen kepingan ganggang merah (*ral*) yang terpotong sesar mikro (*fra*) dan sedikit termikritkan (*mic*), koral (*cor*), dan foraminifera bentonik (*for*). Batuan merupakan bagian bawah batugamping Formasi Rajamandala. Kode sampel SM243A, lihat Gambar 7.74, dengan kedudukan lensa nikol sejajar.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2012b)

Gambar 7.85 Batugamping *grainstone* dengan komponen kepingan foraminifera besar (for) dan sedikit moluska (mol) dengan hubungan bergerigi (s-c) akibat pemampatan. Tampak keporian gerowong (por). Batuan merupakan bagian tengah batugamping Formasi Rajamandala. Kode sampel SM256A, lihat Gambar 7.74, dengan kedudukan lensa nikol sejajar.



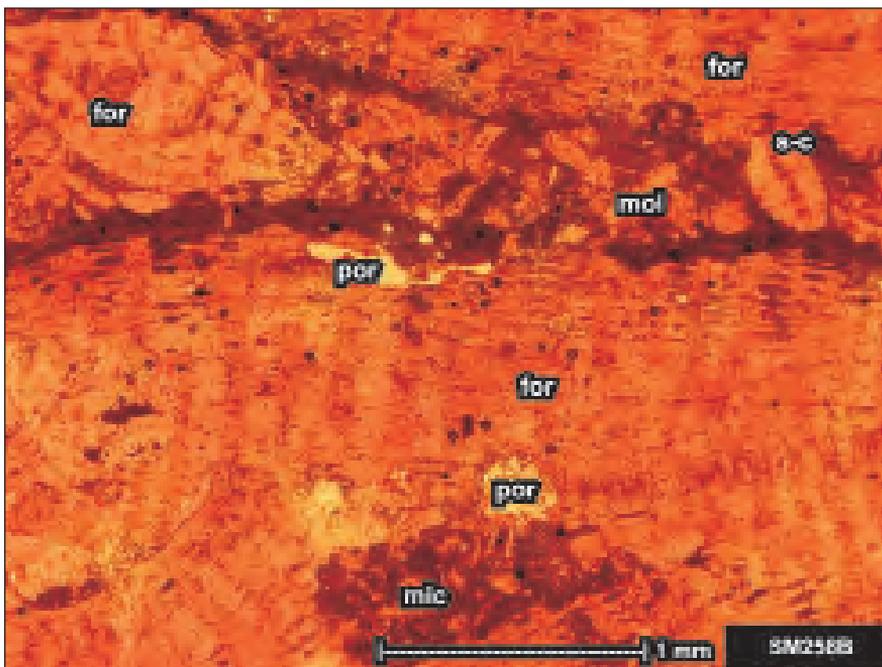
Sumber: Maryanto (2012b)

Gambar 7.86 Batugamping *boundstone* dengan komponen kerangka koral berbuku-buku (cor) yang kadang-kadang termikritkan (mic) dengan keporian *growth-framework* (por). Batuan merupakan bagian tengah batugamping Formasi Rajamandala. Kode sampel SM255B, lihat Gambar 7.74, dengan kedudukan lensa nikol sejajar.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Mengawali bagian atas runtunan batugamping Formasi Rajamandala adalah seri perulangan antara terumbu depan hingga sayap terumbu dengan sisipan batugamping dari lingkungan inti terumbu. Karakter ukuran butirannya menjadi lebih kecil jika dibandingkan pada perulangan antara terumbu depan hingga sayap terumbu di bagian tengah formasi. Keadaan ini mendukung pernyataan bahwa batugamping Formasi Rajamandala diendapkan dalam keadaan genang laut (Jeffrey, 2008). Sisipan bentukan batugamping inti terumbu masih dijumpai di bagian atas Formasi Rajamandala ini dengan penciri khusus batugamping tersebut berstruktur berbuku-buku, yang merupakan karakter pertumbuhan fase terakhir terumbu dan pada umumnya terbentuk pada wilayah dataran terumbu (*reef-flat*; Tucker & Wright, 1990).

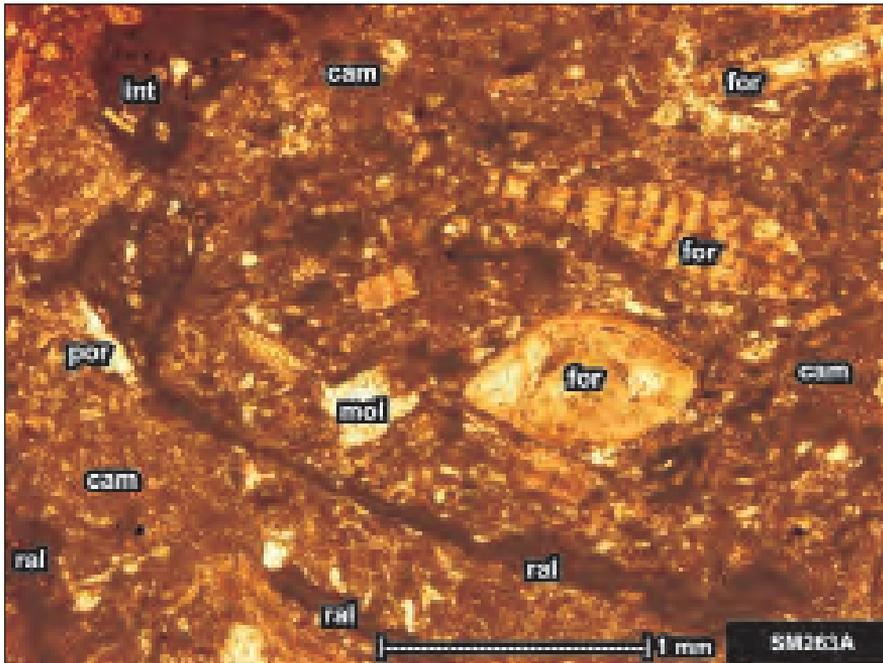
Runtunan batugamping Formasi Rajamandala di Lintasan Sanghyang Bandung Barat ini diakhiri dengan batugamping dari lingkungan tepi lerengan dan dangkalan (*slope and shelf edges*; Wilson, 1975). Jenis batuanannya adalah *grainstone* (Gambar 7.87) dan *packstone-wackestone* (Gambar 7.88), dengan ukuran butiran



Sumber: Maryanto (2012b)

Gambar 7.87 Batugamping *grainstone* dengan komponen dikuasai oleh kepingan foraminifera besar (for) yang kadang termikritkan (mic) dan sangat jarang moluska tergantikan (mol) dengan sedikit hubungan bergerigi (s-c) akibat pemampatan. Batuan merupakan bagian atas batugamping Formasi Rajamandala. Kode sampel SM258B, lihat Gambar 7.74, dengan kedudukan lensa nikol sejajar.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2012b)

Gambar 7.88 Batugamping *packstone* dengan komponen butiran karbonatnya terdiri atas foraminifera besar (for) selain moluska tergantikan (mol), ganggang merah (ral), dan intraklas (int) yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cam). Batuan merupakan bagian atas batugamping Formasi Rajamandala. Kode sampel SM263A, lihat Gambar 7.74, dengan kedudukan lensa nikol sejajar.

batugamping semakin mengecil dan fosilnya sangat dikuasai oleh foraminifera dan moluska. Sisipan endapan terumbu depan yang berupa *rudstone* masih dijumpai di bagian teratas formasi ini meskipun jarang. Bagian teratas batugamping Formasi Rajamandala langsung tertutup tanah sehingga ini hubungan formasi dengan satuan batuan yang lebih muda tidak diketahui. Meskipun demikian, berdasarkan keadaan geologi regional (Sudjatmiko, 2003), diketahui bahwa bagian teratas Formasi Rajamandala berhubungan menjemari dengan batuan silisiklastika dan kadang-kadang gampingan yang terendapkan di lingkungan laut dalam terbuka.

Kedudukan daerah penelitian relatif berada di bagian tepi selatan Benua Eurasia sejak Kapur Akhir (Metcalf, 1998), berlanjut hingga Oligo-Miosen (Hall dkk., 2007), yang lebih cenderung berada di cekungan depan benua (*foreland basin*; Stevens dkk., 1995). Keadaan tektonika pengendapan batugamping di daerah penelitian tidak berada di busur belakang gunungapi yang terbukti dengan keberadaan butiran terigen berupa kuarsa, fragmen batuan granitik, serta fragmen batuan sedimen klastika. Fragmen batuan ini sesuai dengan komponen yang

ada di Formasi Rajamandala Anggota Lempung, Napal, Baturpasir Kuarsa yang berhubungan menjemari dengan Anggota Batugamping Formasi Rajamandala (Sudjatmiko, 2003). Boleh jadi, kala ini busur gunungapi berada di pegunungan selatan Jawa bagian tengah dan timur (Hall, 1997, 2001) yang terpengaruh oleh penunjaman lempeng Samudra Hindia dan lempeng Benua Australia di sebelah selatan ke Benua Eurasia di sebelah utara (Karnawati dkk., 2006).

Batuan sedimen hasil pengendapan Neogen Awal tidak tersingkap dan diduga masih tertindih oleh Formasi Rajamandala ini. Dengan keadaan tektonik yang berada di cekungan depan benua, pada Kala Oligo-Miosen batugamping Formasi Rajamandala mulai terbentuk dan terendapkan. Fase awal pengendapan batugamping ini tidak diketahui. Meskipun demikian, dengan mengacu kepada keadaan geologi regional pada kala itu bahwa bagian selatan Jawa masih merupakan tepian Benua Eurasia (Hall, 1997; Holloway & Hall, 1998), pendugaan paleogeografi di daerah penelitian dapat diperkirakan. Daerah penelitian pada Kala Oligo-Miosen merupakan wilayah pada fasies pengendapan inti terumbu, sayap terumbu, terumbu depan. Runtunan batuan pada ketiga fasies pengendapan ini berulang secara teratur meskipun secara umum runtunan batuan semakin ke arah atas cenderung menjadi lingkungan terumbu depan.

Runtunan batuan diakhiri oleh endapan dari fasies pengendapan tepi lerengan dan dangkalan. Dari runtunan fasies pengendapan tersebut di atas, dapat dikatakan bahwa batugamping Formasi Rajamandala terbentuk dan terendapkan dalam kondisi genang laut, yang mana laut semakin menjadi dalam ke arah atas runtunan stratigrafinya. Di lain pihak, pada daerah yang relatif berada di utara daerah penelitian (Maryanto dkk., 2008a; Maryanto, 2009), seperti yang teramati di lintasan Gua Pawon, batugamping Formasi Rajamandala terendapkan di lingkungan terumbu belakang hingga sayap terumbu. Dengan mengacu kepada keadaan yang demikian ini, kedudukan daratan pada saat batugamping Formasi Rajamandala terbentuk dan terendapkan adalah di bagian utara daerah penelitian (Praptisih & Kamtono, 2014), menjadi paparan karbonat di daerah penelitian dan semakin menjadi laut dalam di bagian selatan daerah penelitian. Fase pengendapan yang terpengaruh oleh genang laut ini mengakibatkan bentuk inti terumbu tidak berkembang secara tegak ke atas, tetapi berangsur (pada beberapa bagian tampak masih membentuk perulangan fasies pengendapan), bergerak mengarah ke utara daerah penelitian. Fase akhir pengendapan batugamping Formasi Rajamandala ini tidak diketahui, meskipun secara regional dikatakan bahwa pengendapan batugamping tersebut terhenti akibat kegiatan gunungapi pada Kala Miosen Tengah (Jambak dkk., 2014).

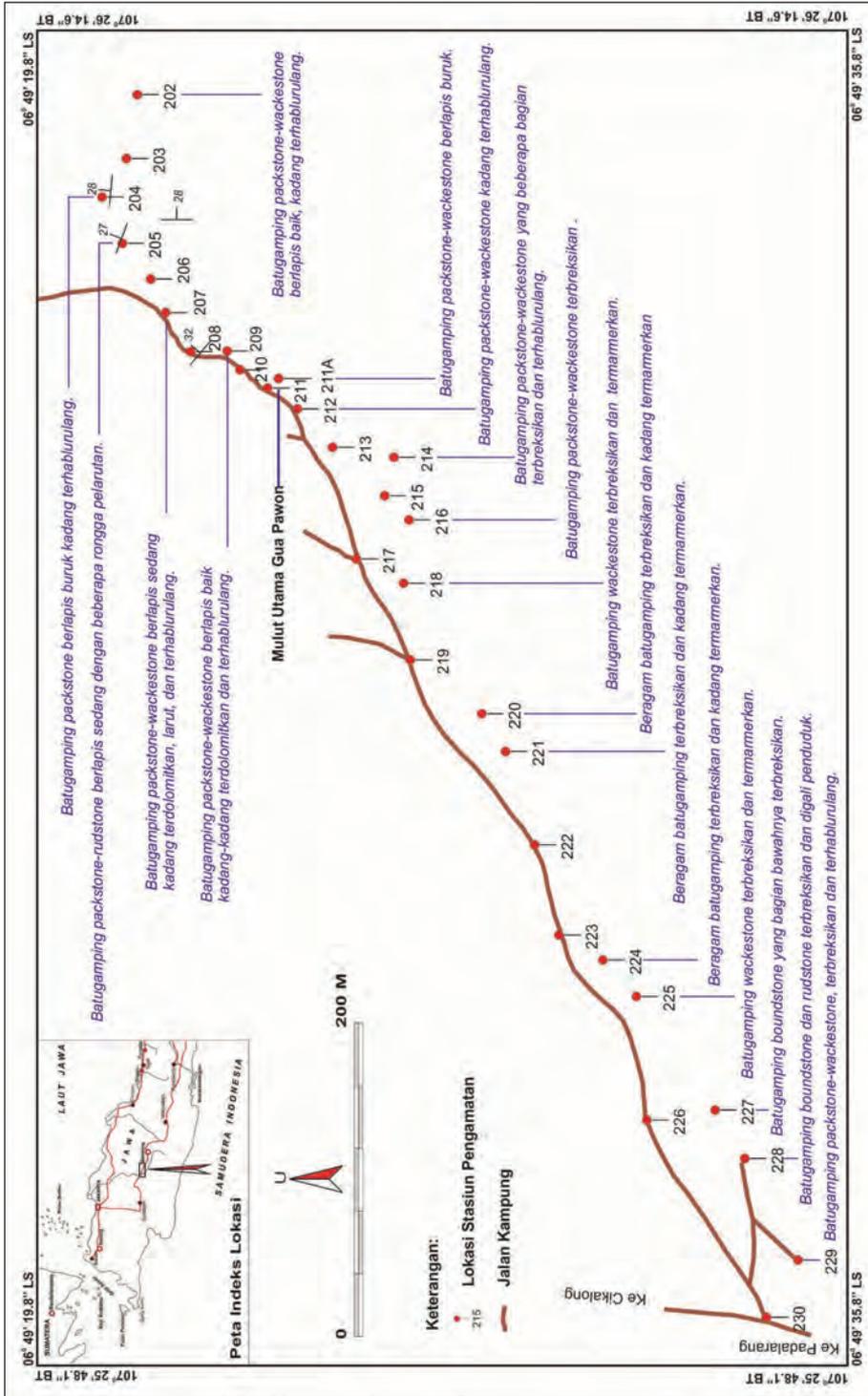
3. LINTASAN GUA PAWON

a. Stratigrafi

Pengambilan data lapangan di Lintasan Gua Pawon dilakukan dengan membuat lintasan pengukuran stratigrafi rinci di sepanjang jalan setapak dan lereng utara-timur laut Gunung Masigit, tempat Gua Pawon ditemukan. Lintasan relatif berarah timur laut-barat daya, sepanjang sekitar 1,2 km (Gambar 7.89). Batugamping yang tersingkap di lintasan ini cukup baik, membentuk perlapisan miring landai hingga sedang ke arah timur laut. Tidak semua batugamping penyusun Formasi Rajamandala teridentifikasi di Lintasan Gua Pawon ini, ketebalan yang terukur hanya mencapai 100 m (Gambar 7.90).

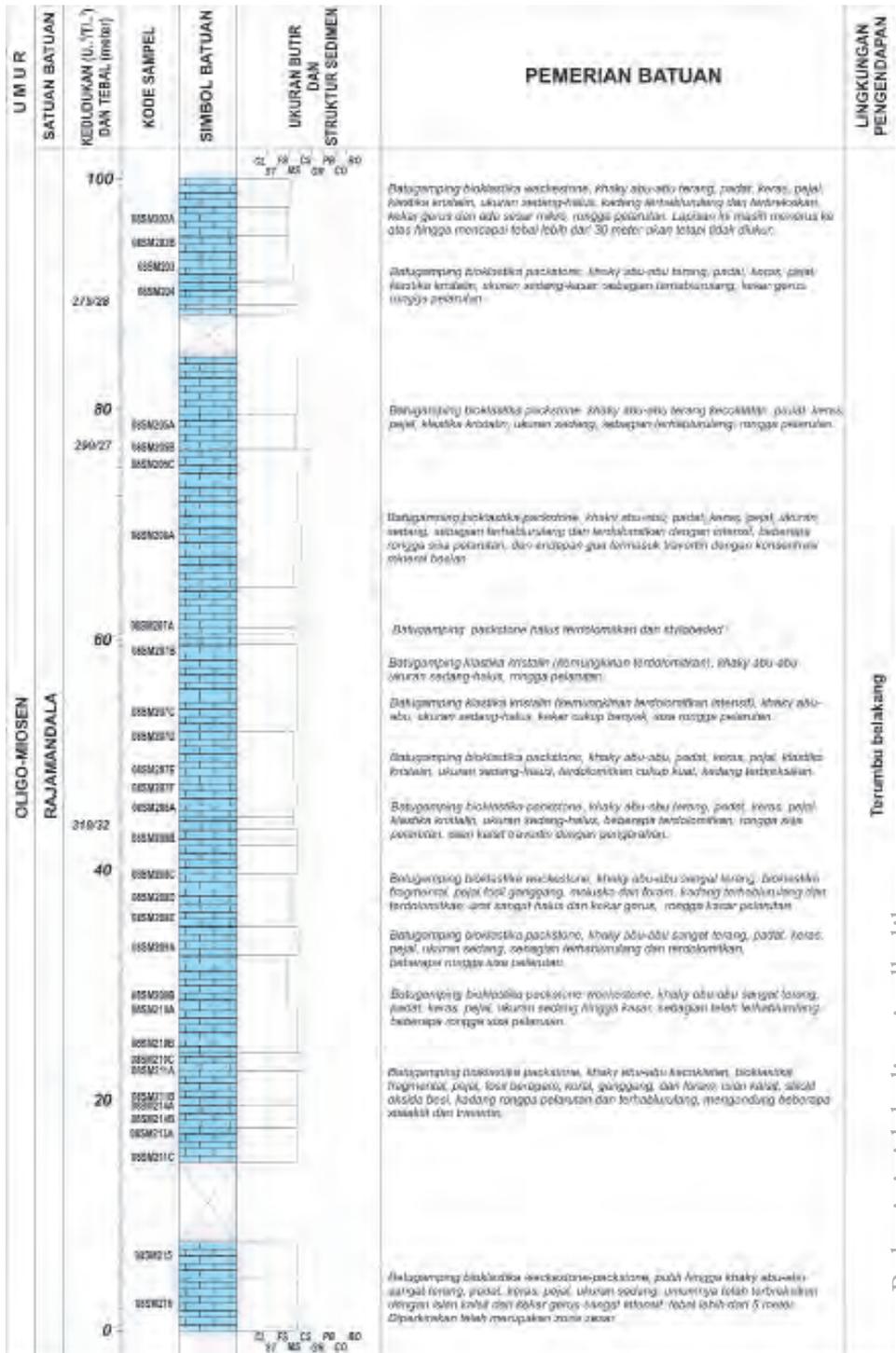
Berdasarkan hasil pembuatan lintasan dan kolom stratigrafi rinci di Lintasan Gua Pawon yang telah dilakukan, terlihat bahwa runtunan stratigrafi di bagian barat Lintasan Gua Pawon menjadi rusak akibat tersesarkan, sedangkan di bagian timur masih dapat dilacak dengan baik. Secara umum batuan yang tersingkap di Lintasan Gua Pawon terdiri atas runtunan perlapisan batugamping klastika halus hingga sedang dengan sisipan batugamping klastika kasar pada bagian atas. Runtunan stratigrafi terbawah, yang dibatasi oleh sesar, dimulai dengan keberadaan rangkaian perlapisan *packstone-wackestone* yang beberapa bagian masih terkekarkan dan terbreksikan (Gambar 7.91). Runtunan batuan bagian tengah lintasan (di sekitar lokasi Gua Pawon; Gambar 7.92) masih merupakan rangkaian perlapisan *packstone-wackestone* yang kadang-kadang berkembang menjadi *grainstone* (Gambar 7.93). Secara umum, ukuran butiran batuan menjadi lebih kasar. Bagian atas runtunan stratigrafi terdiri atas rangkaian perlapisan *packstone-grainstone* meskipun sisipan *wackestone* masih dijumpai. Bagian yang dianggap paling teratas runtunan batuan masih terdiri atas *packstone-wackestone* (Gambar 7.94). Meskipun di atas lapisan batugamping ini masih ada seri perlapisan *packstone-wackestone*, tidak dilakukan pengukuran stratigrafi rinci.

Proses diagenesis yang teramati di lapangan secara megaskopis pada runtunan batugamping di Lintasan Gua Pawon meliputi penyemenan, pelarutan, pemampatan, dan pendolomitan. Pengisian rongga dan penyemenan fase pertama terlihat di beberapa lapisan batuan, khususnya pada batugamping yang berukuran agak kasar. Pelarutan sangat jelas terlihat di lapangan dengan terbentuknya rongga dan gua, yang beberapa di antaranya telah mengalami proses pengisian rongga atau penyemenan fase akhir. Pemampatan terjadi pada hampir seluruh batuan yang teramati yang dicirikan oleh hubungan antarbutiran yang tampak padat dan mampat akibat pembebanan. Pemampatan yang berkaitan dengan tektonik



Sumber: Maryanto, dkk. (2008)

Gambar 7.89 Peta Pengukuran Stratigrafi di Lintasan-Gua Pawon, Bandung Barat



Sumber: Maryanto (2009b) dan Maryanto dkk. (2008)

Gambar 7.90 Kolom Stratigrafi Formasi Rajamandala di Lintasan Gua Pawon, Bandung Barat

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2009)

Gambar 7.91 Kenampakan Singkapan Batugamping di Lintasan Gua Pawon pada Bagian Bawah Runtunan Stratigrafi yang Kebanyakan Telah Terpengaruh oleh Kekar dan Penggerusan Batuan



Sumber: Maryanto (2009)

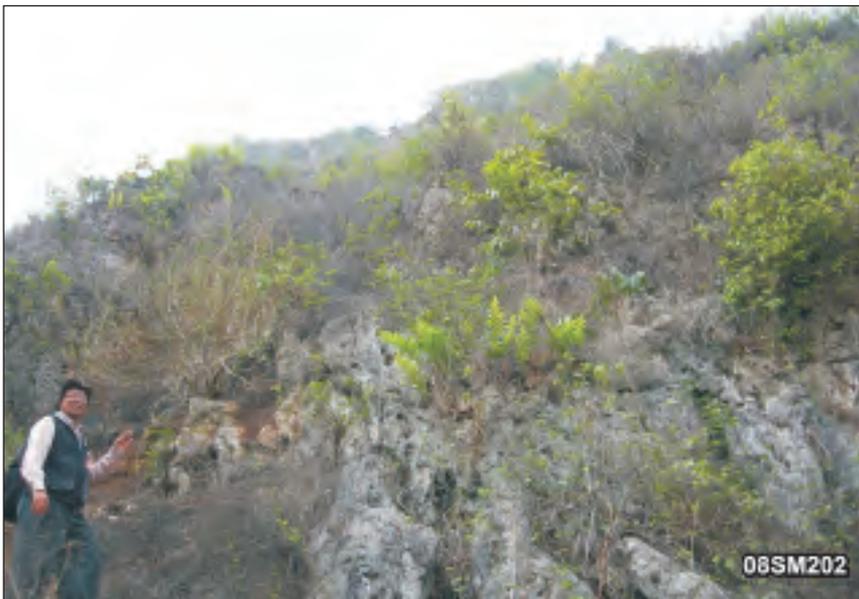
Gambar 7.92 Kenampakan Gua Pawon dengan mulut gua lebih dari 10 meter.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2009)

Gambar 7.93 Kenampakan Singkapan Batugamping di Lintasan Gua Pawon pada Bagian Tengah Runtunan Stratigrafi yang Berupa Fasies *Packstone-Wackestone* Berlapis Baik



Sumber: Maryanto (2009)

Gambar 7.94 Kenampakan Singkapan Batugamping di Lintasan Gua Pawon pada bagian Atas Runtunan Stratigrafi yang Berupa Fasies *Packstone-Wackestone* yang Melampar di permukaan Gunung

Buku ini tidak diperjualbelikan.

terlihat berupa lapisan terstilolitkan dengan beragam amplitudo. Pendolomitan hadir pada singkapan yang berdekatan dengan Gua Pawon yang dicirikan dengan warna batugamping yang semakin putih kemerahan. Kenampakan rekaman proses diagenesis secara lebih kecil dapat diamati pada pengujian petrografi di bawah mikroskop polarisasi.

b. Petrografi

Pengujian petrografi dilakukan terhadap tiga puluh dua sampel batugamping di Lintasan Gua Pawon. Hasil uji petrografi menunjukkan bahwa batugamping di lokasi ini adalah *packstone*, *wackestone*, dan *boundstone* (Tabel 7.10).

Bagian bawah runtunan batuan pada umumnya disusun oleh perlapisan *packstone* dengan sedikit sisipan *wackestone*. *Packstone* pada umumnya pejal dengan tekstur bioklastika fragmental sedang hingga kasar dan terpilah buruk (Gambar 7.95), dengan butiran karbonat bioklas dan intraklas yang kurang terabrasi dan tercuci. *Packstone* yang lain mempunyai butiran karbonat sudah tercuci dan terabrasi cukup baik, dengan seleksi butiran sudah berjalan (Gambar 7.96). Bioklas selalu hadir beragam seperti foraminifera besar dan kecil bentonik, beberapa moluska, ganggang merah, echinodermata, dan fosil lain. Intraklas atau ekstraklas hadir berupa kepingan batugamping terumbu koral-ganggang-bryozoa dengan ukuran yang cukup besar dan berbentuk meruncing, batugamping bioklastika, dan batugamping lumpuran. Butiran yang lain adalah pelet dan sangat jarang oolit. Butiran asal darat (terigen) sangat jarang berupa kuarsa dan kepingan. Matriks lumpur karbonat hadir terbatas di antara butiran dan sebagian sebagai pengisi rongga di dalam butiran, yang sebagian telah tergantikan menjadi mikrosparit.

Penyemen hadir berupa orthosparit dan sangat jarang oksida besi. Material neomorfisme berupa mikrosparit, pseudosparit kalsit dan dolomit, serta lumpur pemikritan beberapa fosil.

Bagian tengah runtunan batuan masih dikuasai oleh *packstone* dengan sisipan *wackestone* dan *boundstone*. Beberapa *packstone* menunjukkan pengarah butiran meskipun secara umum terlihat pejal. Sisipan *boundstone* dijumpai setempat dengan ketebalan terbatas. Batuan terlihat berkomponen kerangka koral dominan yang teronggok mengarah membentuk struktur berbuku-buku (Gambar 7.97). Rongga di antara kerangka koral tersebut pada umumnya terisi oleh orthosparit kalsit mosaik hingga mosaik anedral halus hingga sedang. *Boundstone* yang lain, merupakan salah satu kepingan kasar pada *packstone*, hadir berupa stromatolit ganggang merah yang berkerak dan berstruktur perarian (Gambar 7.98). Sisipan

Tabel 7.10 Hasil Pengujian Petrografi dan Mineralogi XRD Batugamping Formasi Rajamandala di Lintasan Gua Pawon, Bandung Barat

No. Urut	Kode Sampel	Nama dan Pemerian Petrografi	Mineralogi dan Tingkat Kesamaan Peak XRD
1.	08SM202A	Batugamping <i>wackestone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil beragam, dominan foram kecil bentonik, urat kalsit dan dolomit besian dari kekar, stilolit oksida besi.	Kalsit (83)
2.	08SM202B	Batugamping <i>wackestone</i> , kontak dengan <i>boundstone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil beragam, urat kalsit dari kekar dan sesar mikro.	Kalsit magnesium (84)
3.	08SM203	Batugamping <i>packstone</i> , bioklastika fragmental, orientasi butiran, fosil beragam, dominan ganggang, foram besar dan moluska, sebagian terhablur ulang.	Kalsit (75)
4.	08SM204	Batugamping <i>packstone</i> , cenderung menjadi <i>floatstone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil beragam, sebagian terhablur ulang.	Kalsit magnesium (67)
5.	08SM205A	Batugamping <i>packstone</i> , bioklastika fragmental, orientasi butiran, fosil beragam, dominan ganggang, foram besar dan moluska, butiran terigen jarang.	Kalsit magnesium (73)
6.	08SM205B	Batugamping <i>packstone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil beragam, dominan ganggang, foram besar dan moluska, kekar rambut dan isian kalsit.	Kalsit (88)
7.	08SM205C	Batugamping <i>packstone</i> , merupakan kepingan <i>rudstone</i> , klastika fragmental, pejal, intraklastika dominan, fosil beragam, sedikit terhablur ulang.	Kalsit (75), dolomit feroan (57)
8.	08SM206A	Dolomit yang berasal dari batugamping <i>packstone</i> , kristalin halus, unimodal, pejal, <i>ghost structure</i> , pemikritan.	Dolomit (57)
9.	08SM207A	Dolomit yang berasal dari batugamping <i>packstone</i> , kristalin sedang, unimodal, pejal, <i>ghost structure</i> , pemikritan.	Dolomit feroan (82), dolomit (8)
10.	08SM207B	Dolomit yang berasal dari batugamping <i>packstone</i> , kristalin sedang unimodal, pejal, <i>ghost structure</i> , pemikritan.	Dolomit feroan (78), kalsit (40), dolomit (12)
11.	08SM207C	Dolomit yang berasal dari batugamping <i>packstone</i> , kristalin halus hingga kasar, polimodal, pejal, <i>ghost structure</i> , pemikritan.	Dolomit feroan (69), kalsit (57), dolomit (16)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

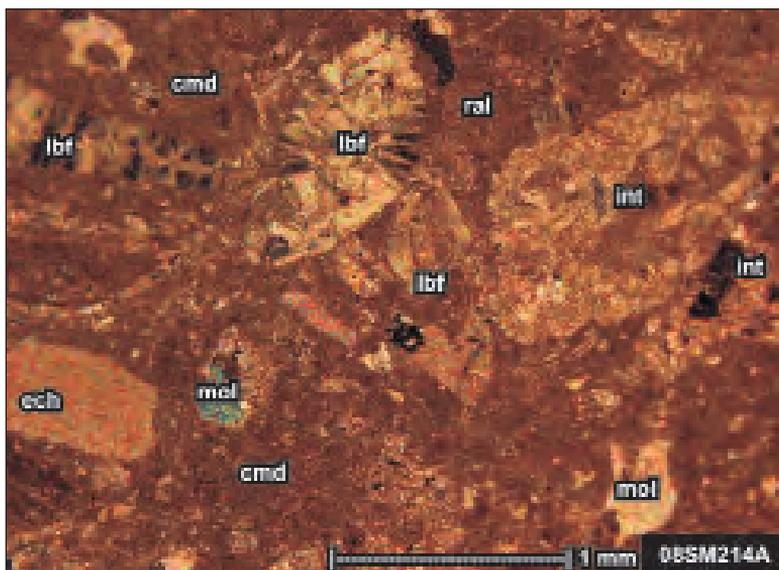
No. Urut	Kode Sampel	Nama dan Pemerian Petrografi	Mineralogi dan Tingkat Kesamaan Peak XRD
12.	08SM207D	Batugamping <i>packstone</i> , terdolomitkan intensif, klastika kristalin halus-kasar, polimodal, pejal, urat dari kekar gerus, pemikritan.	Dolomit feroan (68), kalsit (28)
13.	08SM207E	Batugamping <i>packstone</i> , terdolomitkan intensif, klastika kristalin halus-kasar, polimodal, pejal, urat dari kekar gerus, pemikritan, stilolit dengan oksida besi.	Dolomit feroan (45), kalsit (29), kalsit magnesiumian (37)
14.	08SM207F	Batugamping <i>packstone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil beragam, dominan ganggang, foram besar, echinodermata, dan moluska, sedikit terdolomitkan.	Kalsit (81)
15.	08SM208A	Batugamping <i>packstone</i> , kontak dengan <i>boundstone</i> , bioklastika fragmental, orientasi butiran, sedikit terdolomitkan tanpa seleksi kemas.	Kalsit magnesiumian (74), dolomit (38)
16.	08SM208B	Batugamping <i>packstone</i> , klastika fragmental, pejal, intraklastika, fosil foram ada yang berukuran besar, sedikit terdolomitkan pada matriks.	Kalsit (68), dolomit (32)
17.	08SM208C	Batugamping <i>wackestone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil ganggang, moluska dan foram, urat sangat halus dari kekar gerus.	Kalsit (90)
18.	08SM208D	Batugamping <i>wackestone</i> , kontak dengan <i>boundstone</i> , bioklastika fragmental, orientasi butiran, fosil ganggang, moluska dan foram, sedikit terdolomitkan, stilolit.	Kalsit magnesiumian (68), dolomit (32)
19.	08SM208E	Dolomit yang diduga berasal dari batugamping <i>wackestone</i> , kristalin sedang, unimodal, pejal, <i>ghost structure</i> , pemikritan.	Dolomit (56), kalsit (19)
20.	08SM209A	Batugamping <i>packstone</i> , klastika fragmental, pejal, intraklastika, sedikit terdolomitkan dan terhablur ulang tanpa seleksi kemas.	Kalsit magnesiumian (71), dolomit (44)
21.	08SM209B	Batugamping <i>packstone-floatstone</i> , bioklastika fragmental, orientasi butiran, fosil beragam, sedikit tergantikan dan terhablur ulang tanpa seleksi kemas.	Kalsit magnesiumian (82)
22.	08SM210A	Batugamping <i>packstone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil beragam, sedikit terdolomitkan tanpa seleksi kemas, urat dari kekar gerus, isian kalsit air tawar.	Kalsit magnesiumian (78)
23.	08SM210B	Batugamping <i>wackestone-floatstone</i> , bioklastika fragmental, orientasi butiran, fosil beragam, sedikit tergantikan tanpa seleksi kemas, urat kalsit sangat halus.	Kalsit (58)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No. Urut	Kode Sampel	Nama dan Pemerian Petrografi	Mineralogi dan Tingkat Kesamaan Peak XRD
24.	08SM210C	Batugamping <i>packstone</i> , bioklastika fragmental kristalin, pejal, terdolomitkan intensif polimodal yang kasar terutama pada urat, fosil beragam.	Kalsit (64), dolomit (45)
25.	08SM211A	Batugamping <i>packstone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil beragam, jarang dolomit pada urat, beberapa bagian tampak terbreksikan dan tersemenkan kembali.	Kalsit (82)
26.	08SM211B	Batugamping <i>packstone-floatstone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil beragam, koralgial, isian kalsit air tawar, beberapa fosil tergantikan.	Kalsit (82)
27.	08SM211C	Batugamping <i>packstone-floatstone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil beragam, sedikit tergantikan pada fosil, beberapa urat halus.	Kalsit magnesium (84)
28.	08SM213A	Batugamping <i>packstone-floatstone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil beragam, koral, ganggang, kadang terbreksikan, urat kalsit jarang.	Kalsit magnesium (84)
29.	08SM214A	Batugamping <i>packstone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil beragam, kepingan terumbu dan intraklastika, beberapa fosil tergantikan, jarang urat kalsit halus.	Kalsit magnesium (84)
30.	08SM214B	Batugamping <i>packstone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil beragam, koral, ganggang, dan foram, urat kalsit sangat halus, stilolit oksida besi.	Kalsit magnesium (79)
31.	08SM215	Batugamping <i>packstone-floatstone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil beragam, jarang isian geopetal.	Kalsit (80)
32.	08SM216	Batugamping <i>packstone-floatstone</i> , bioklastika fragmental, pejal, fosil beragam, jarang isian geopetal.	Kalsit (54)

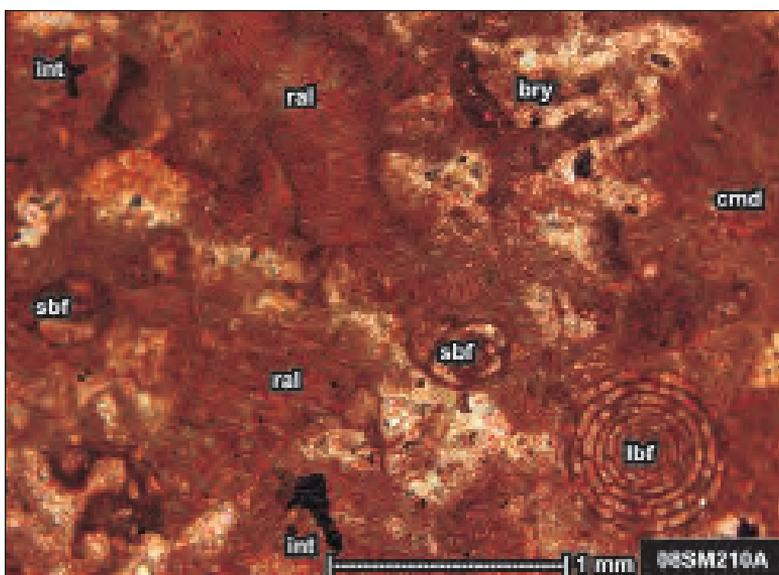
Sumber: Maryanto dkk. (2008) dan Maryanto (2009)

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2009)

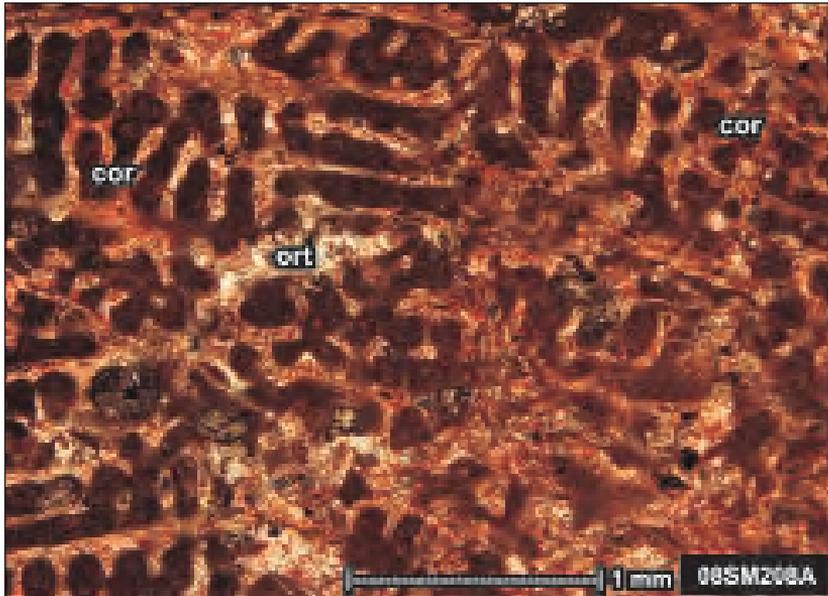
Gambar 7.95 Packstone yang terpilah buruk, dengan butiran karbonat beragam, seperti foraminifera besar bentonik (lbf), moluska (mol), ganggang merah (ral), echinodermata (ech), serta intraklan (int) kepingan batugamping terumbu, penciri fasies sayap terumbu. Kode sampel SM214A (lihat Gambar 7.90), penyusun bagian bawah Formasi Rajamandala.



Sumber: Maryanto (2009)

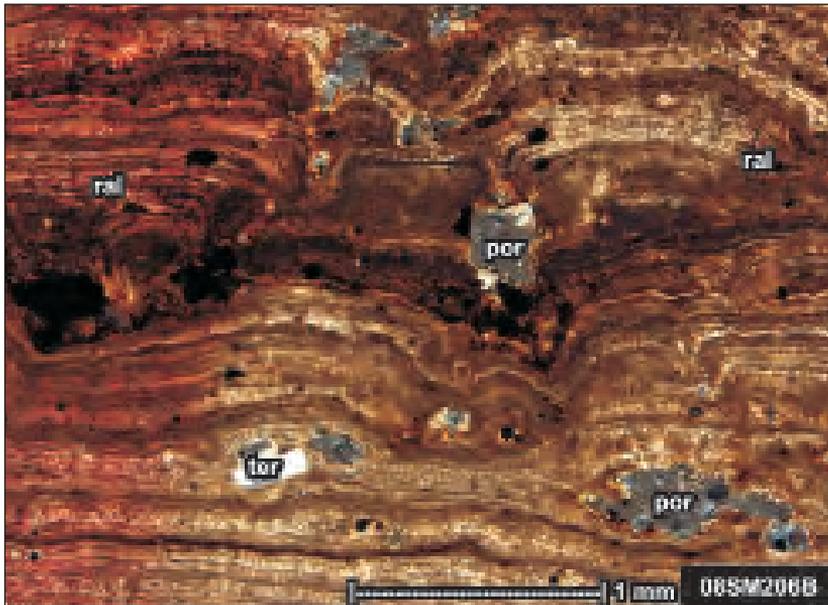
Gambar 7.96 Packstone dengan butiran karbonat telah terabrasi dan tercuci, berupa foraminifera besar bentonik (lbf), foraminifera kecil bentonik (sbf), ganggang merah (ral), bryozoa (bry), dan intraklas (int) di dalam matriks lumpur karbonat (cmd), penciri endapan lereng lokal terumbu belakang. Kode sampel SM210A (lihat Gambar 7.90), penyusun bagian bawah Formasi Rajamandala.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2009)

Gambar 7.97 Boundstone yang merupakan pembangun terumbu dengan kerangka koral (cor) dominan diikat oleh sedikit orthospirit (ort), sebagai penciri fasies bangunan terumbu di tepi paparan. Kode sampel SM208A (lihat Gambar 7.90), penyusun bagian tengah Formasi Rajamandala.



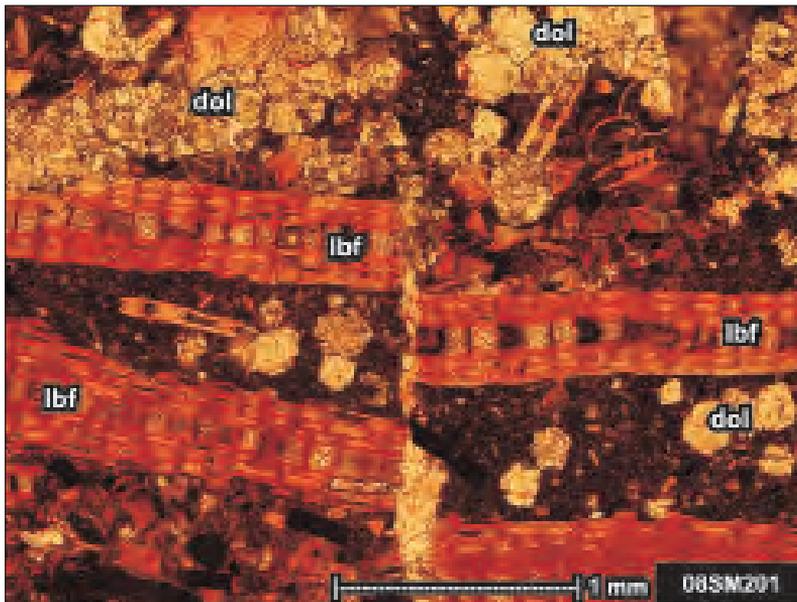
Sumber: Maryanto (2009)

Gambar 7.98 Boundstone (stromatolit ganggang; ral) dengan pengerakan dan struktur perarian, yang merupakan salah satu komponen packstone, sebagai penciri fasies sayap terumbu. Kode sampel SM206B (lihat Gambar 7.90), penyusun bagian bawah Formasi Rajamandala.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

yang lain adalah *wackestone*, yang jumlahnya semakin banyak di bagian atas runtunan stratigrafi.

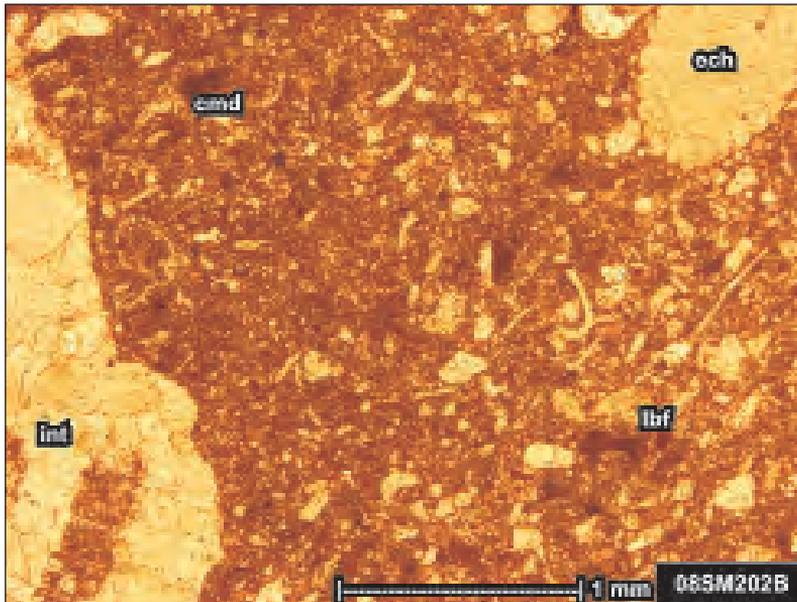
Wackestone hadir semakin banyak di bagian atas runtunan stratigrafi sehingga menjadi berselingan dengan *packstone*. *Wackestone* ini pada umumnya pejal dengan tekstur bioklastika fragmental halus hingga sedang. Batuan terpilah buruk dan terdukung lumpur dengan butiran karbonat yang mulai tercuci dan terabrasi. Bioklas selalu hadir dan berupa fosil beragam meskipun masih dikuasai oleh foraminifera bentonik, ganggang merah, dan moluska (Gambar 7.99). Intraklas dan pelet hadir sangat jarang dengan penyebaran tak merata. Matriks lumpur karbonat sebagian kecil tergantikan menjadi mikrosparit dan beberapa bagian telah terhablur ulang membentuk pseudosparit bersama-sama dengan butiran karbonat. Penyemen hadir dengan jumlah sangat terbatas, terutama adalah orthosparit dan sangat jarang oksida besi. Material neomorfisme berupa mikrosparit, pseudosparit kalsit dan dolomit, dan lumpur pemikritan beberapa fosil. *Packstone* di bagian teratas batuan tampak tersesarkan (Gambar 7.100) sehingga runtunan batuan berikutnya tidak teramati di lapangan.



Sumber: Maryanto (2009)

Gambar 7.99 *Wackestone* yang terpilah buruk dengan fosil beragam, dan intraklas kepingan batugamping terumbu (int) di dalam matriks lumpur karbonat (cmd), penciri endapan lereng lokal terumbu belakang. Kode sampel SM202B (lihat Gambar 7.90), penyusun bagian atas Formasi Rajamandala.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2009)

Gambar 7.100 *Packstone* yang terpilah buruk dan terdukung butiran, terutama fosil foraminifera besar bentonik (*lbf*), penciri endapan lerengan lokal terumbu belakang. Batuan tampak tersesarkan dan terdolomitkan. Kode sampel SM201 (lihat Gambar 7.90), penyusun bagian atas Formasi Rajamandala.

c. Mikrofasesias

Bagian bawah runtunan batuan pada umumnya disusun oleh perlapisan *packstone* dengan sedikit sisipan *wackestone*. Pada umumnya, *packstone* pejal dengan tekstur bioklastika fragmental sedang hingga kasar dan terpilah buruk dengan butiran karbonat bioklas dan intraklas yang kurang terabrasi dan tercuci. Kenampakan yang demikian dapat terjadi di fasies pengendapan sayap terumbu (*reef-flank facies*; SMF5/FZ4). *Packstone* yang lain mempunyai butiran karbonat sudah tercuci dan terabrasi cukup baik, seleksi butiran sudah berjalan, dan jenis bioklas beragam. Kenampakan yang seperti ini mencerminkan fasies pengendapan lerengan lokal terumbu belakang (*local slope at back reef*; SMF10/FZ7). Pada lingkungan lerengan lokal terumbu belakang ini, *wackestone* dapat hadir berselingan dengan *packstone* tersebut.

Menginjak bagian tengah runtunan batuan, keadaan fasies pengendapan masih sama dengan bagian bawah, yaitu lingkungan lerengan lokal terumbu belakang, dengan beberapa bentukan fasies sayap terumbu. Di bagian tengah runtunan ini kadang-kadang dijumpai sisipan batugamping terumbu yang merupakan

fasies bangunan terumbu organik di tepi paparan (*organic build up at platform margin*; SMF7/FZ5).

Bagian atas runtunan batuan lebih banyak dikuasai oleh batuan yang terbentuk pada fasies pengendapan lerengan lokal terumbu belakang, dengan litologi *packstone* dan *wackestone*. Batuan tersebut berselingan dan berulang secara berirama hingga bagian teratas runtunan batuan yang tersesarkan.

d. Proses Diagenesis

Rekaman proses diagenesis yang teramati di dalam pengujian petrografi pada batugamping di Lintasan Gua Pawon meliputi penyemenan, pelarutan, pemampatan, dan pendolomitan.

Pengisian rongga atau penyemenan fase pertama terlihat di beberapa sampel batuan, terutama pada batugamping yang berukuran agak kasar, dicirikan dengan keberadaan sejumlah orthosparit berstruktur mosaik drus anhedral. Tipe semen dari lingkungan meteorik freatik ini sangat menguasai batuan. Tipe semen dari lingkungan laut (*marine*) pada umumnya sudah tidak terawetkan lagi karena telah rusak atau larut. Data di lapangan memperlihatkan bahwa penyemenan fase kedua, yaitu semen dari lingkungan meteorik vados cukup banyak dijumpai yang dicirikan dengan adanya stalaktit, stalakmit, dan endapan travertin. Meskipun demikian, rekaman penyemenan fase kedua ini tidak terlihat di dalam pengujian petrografi karena sampel batugamping yang diambil bukan pada areal penyemenan tersebut.

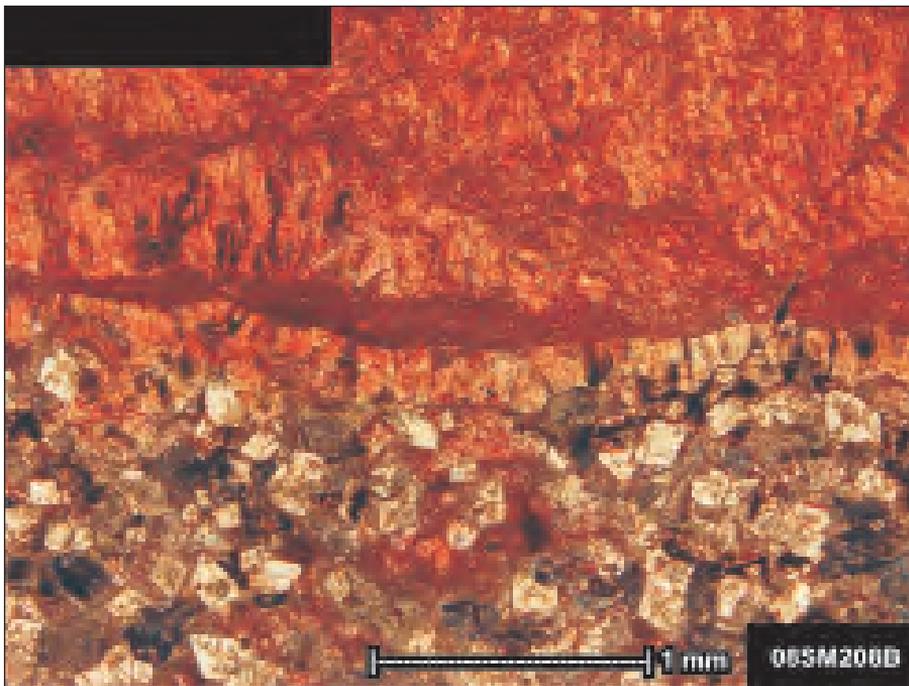
Pelarutan terlihat tidak terpola (tanpa seleksi kemas) membentuk rongga tidak teratur atau gerowong (*vug*; Choquette & Pray, 1970), yang beberapa di antaranya telah saling berhubungan. Beberapa rongga gerowong ini telah mengalami pengisian rongga atau penyemenan fase kedua oleh orthosparit, oksida besi, lumpur pemikritan, dan mineral lempung dari lingkungan diagenesis meteorik vados.

Pemampatan terjadi pada hampir seluruh batuan yang tersingkap, dicirikan dengan hubungan antar butiran yang kadang telah berjenis lengkung hingga bergerigi. Beberapa rekaman pelarutan tekanan yang berkaitan dengan proses tektonik terlihat berupa pola stilolit dengan beragam amplitudo, sama halnya yang terlihat di lapangan. Kekar rambut baik terpola bersilangan maupun tidak teratur pada umumnya berhubungan dengan penstilolitan batuan.

Pendolomitan hadir cukup banyak pada beberapa sampel batuan, bahkan pada beberapa sampel pendolomitan ini telah berpengaruh secara total terhadap batuan. Tahap awal pendolomitan merupakan mekanisme pendolomitan dengan

seleksi kemas yang hanya terjadi pada matriks lumpur karbonat *packstone* (Gambar 7.101), kemudian diikuti secara acak tanpa seleksi kemas pada *packstone-wackestone* (Gambar 7.102). Kristal dolomit pada proses pendolomitan jenis ini secara umum belum saling berhubungan meskipun bentuk kristalnya sudah rombohedral idiotopik hingga hipidiotopik, berukuran halus mencapai 0,2 mm.

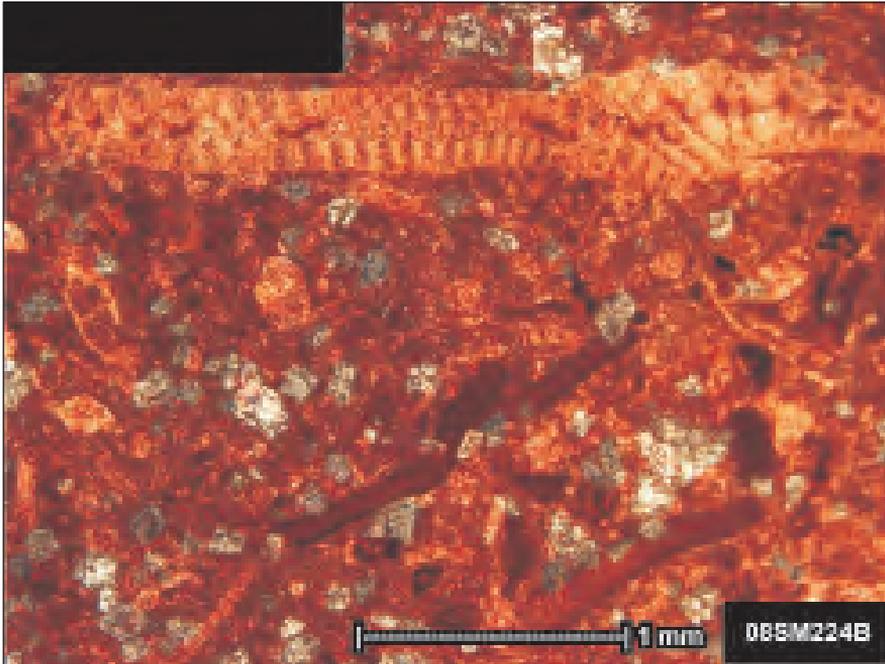
Pendolomitan batugamping yang terjadi secara menyeluruh membentuk dua jenis kristal dolomit, yaitu dolomit unimodal (Gambar 7.103) dengan ukuran kristal nisbi halus seragam mencapai 0,5 mm berbentuk mosaik rombohedral hipidiotopik hingga senotopik (Sibley & Gregg, 1987) dan dolomit polimodal dengan kristal halus hingga sedang tidak seragam berukuran mencapai 0,8 mm (Gambar 7.104). Kristal dolomit unimodal pada umumnya berasal dari batugamping berbutir halus yang terpilah bagus, sedangkan kristal dolomit polimodal berasal dari batugamping terpilah buruk dengan beragam ukuran butiran karbonat. Pengelompokan kristal berukuran sedang sering kali terjadi pada jenis dolomit polimodal ini, yang diduga awalnya adalah butiran karbonat berukuran kasar.



Sumber: Maryanto (2009)

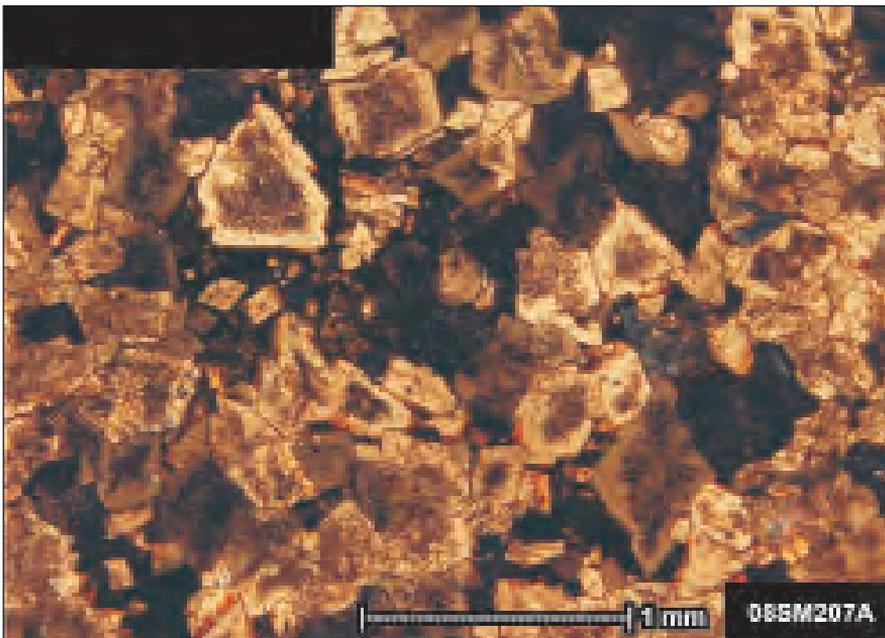
Gambar 7.101 Mikrofoto Rekaman Proses Pendolomitan yang Memperlihatkan Pola Seleksi Kemas

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2009)

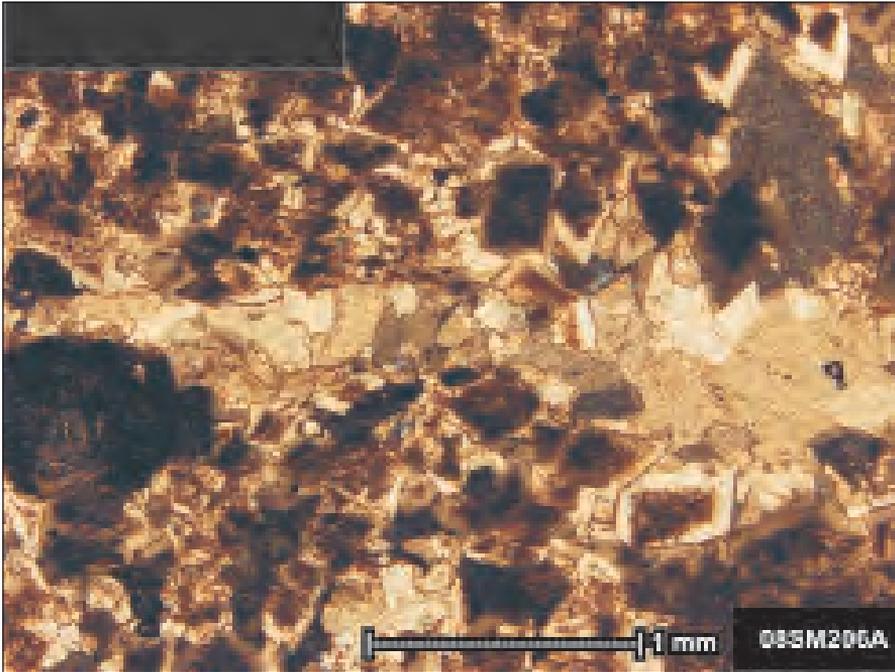
Gambar 7.102 Mikrofoto Rekaman Proses Pendolomitan Memperlihatkan Pola Tanpa Seleksi Kemas



Sumber: Maryanto (2009)

Gambar 7.103 Mikrofoto Rekaman Proses Pendolomitan yang Memperlihatkan Kristal Dolomit Modal-Tunggal

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2009)

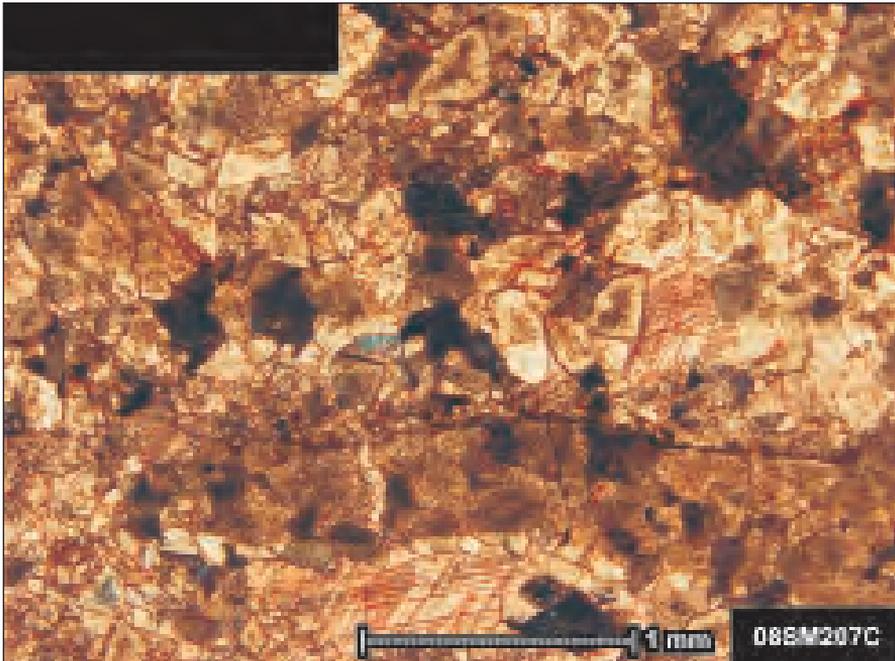
Gambar 7.104 Mikrofoto Rekaman Proses Pendolomitan yang Memperlihatkan Struktur Siluman Butiran Karbonat

Butiran karbonat awal yang berukuran kasar sudah tidak dapat diidentifikasi jenisnya karena telah berubah total menjadi kristal dolomit. Hanya bagian pinggir pengelompokan kristal dolomit polimodal rombohedral mosaik hipidiotopik hingga senotopik yang membentuk struktur siluman (*ghost structure*; Gambar 7.105) memberikan gambaran adanya butiran karbonat tersebut.

Pendolomitan tidak hanya terjadi pada komponen awal penyusun batugamping. Adakalanya, semen meteorik freatik yang berfungsi sebagai pengisi retakan atau kekar, yang awalnya berupa kristal kalsit, sebagian juga telah terdolomitkan (Gambar 7.106). Kristal dolomit pada bagian ini terlihat berbentuk rombohedral mosaik idiotopik hingga hipidiotopik berukuran halus mencapai 0,5 mm, yang terjebak di antara kristal kalsit yang berukuran lebih kasar.

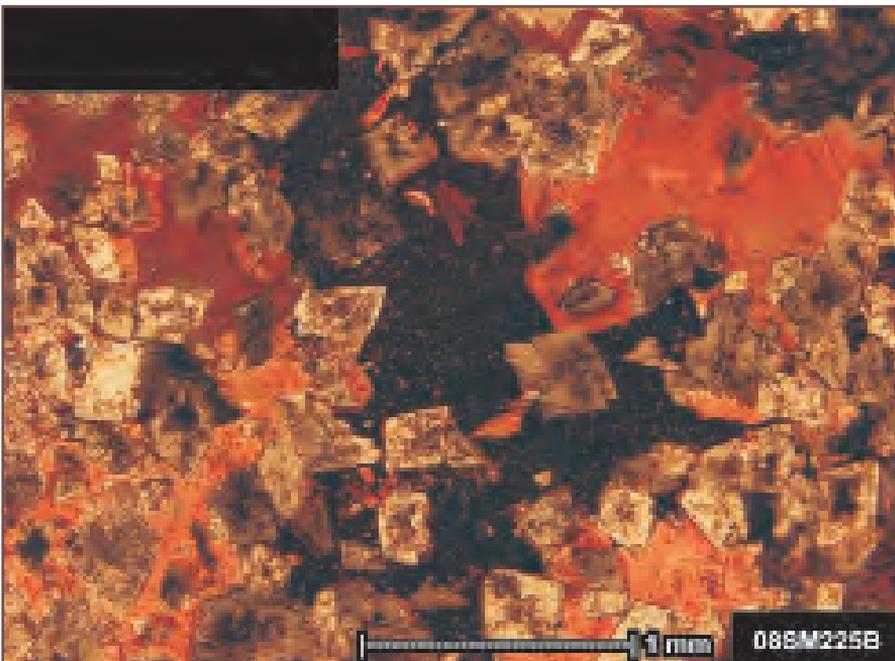
Keberadaan kristal dolomit dengan berbagai bentuk dan ukuran tersebut pada umumnya membentuk pori jenis antarkristal dengan rongga kebanyakan saling berhubungan. Ukuran pori antar-kristal ini tidak terlalu besar (maksimal mencapai 0,2 mm). Meskipun demikian, pada beberapa sayatan terlihat pori antarkristal tersebut berkembang menjadi keporian jenis gerowong (*vug*) tidak teratur akibat proses pelarutan setelah pendolomitan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2009)

Gambar 7.105 Mikrofoto Rekaman Proses Pendolomitan yang Memperlihatkan Kristal Dolomit Modal-Jamak

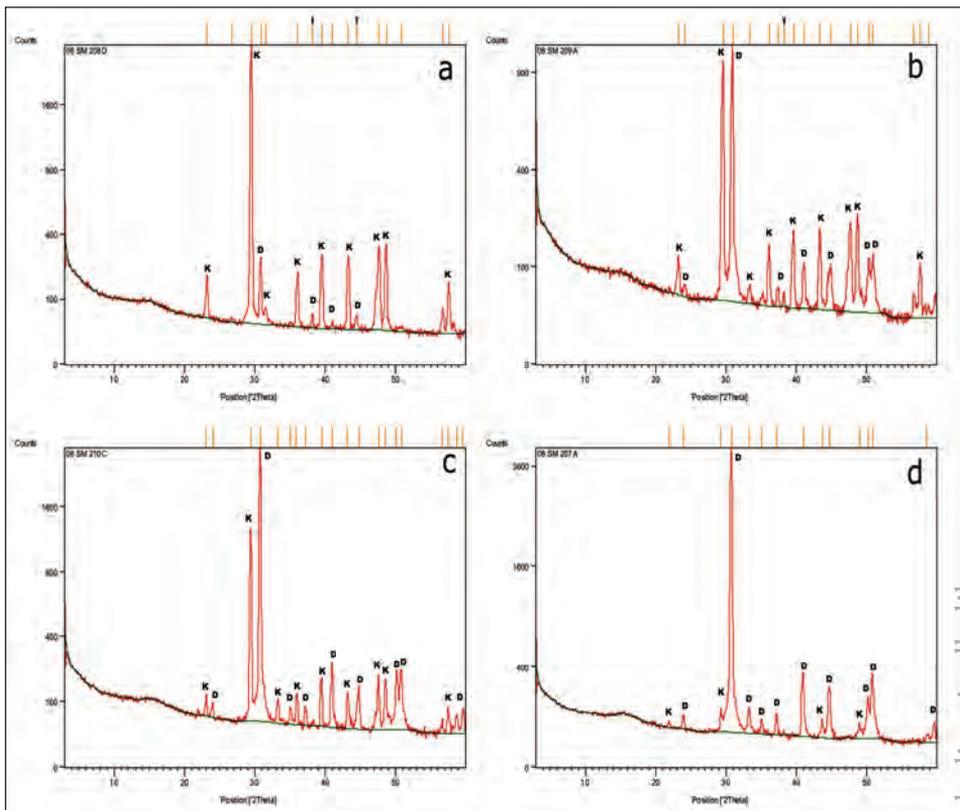


Sumber: Maryanto (2009)

Gambar 7.106 Mikrofoto Rekaman Proses Pendolomitan Memperlihatkan Pendolomitan pada Kalsit Isian Kekar Gerus

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Pengujian mineralogi XRD yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa dolomit sering muncul di dalam sampel batugamping yang diuji. Kemunculan mineral dolomit ini sangat jelas di dalam spektrum mineralogi XRD, baik yang bernilai sedikit, seimbang dengan kalsit, lebih besar daripada kalsit, maupun batuan yang telah terdolomitkan secara total (Gambar 7.107). Mineral dolomit dapat hadir berupa dolomit murni maupun dolomit feroan. Beberapa kristal kalsit magnesian belum dapat disebut sebagai dolomit karena struktur kristalnya masih berupa kristal kalsit dengan kandungan magnesium sangat rendah yang masih memungkinkan untuk terdeteksi di dalam pengujian mineralogi XRD.



Sumber: Maryanto (2009)

Gambar 7.107 Peak pengujian mineralogi XRD yang memperlihatkan mineral kalsit yang sebagian kecil berubah menjadi dolomit (a), mineral kalsit jumlahnya seimbang dengan dolomit (b), mineral kalsit sebagian besar telah berubah menjadi dolomit (c), dan batuan hampir berubah total menjadi dolomit (d).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

e. Diskusi

Dolomit primer yang terbentuk bersamaan dengan proses pengendapan batuan pada umumnya dapat terjadi di lingkungan paparan terbatas hingga paparan penguapan (*restricted to evaporite platform*; Wilson, 1975). Sehubungan dengan batugamping Formasi Rajamandala di lintasan penelitian diidentifikasi terendapkan di fasies cekungan lokal terumbu belakang, dolomit yang dijumpai di formasi ini diduga semata-mata merupakan hasil proses diagenesis setelah pengendapan batuan.

Secara stratigrafi, batugamping Formasi Rajamandala yang berumur Oligo-Miosen telah tertindih oleh beberapa satuan batuan sedimen Neogen dan batuan gunungapi Kuarter. Keadaan ini adalah salah satu penyebab terjadinya proses diagenesis pendolomitan. Pendolomitan pada batugamping Formasi Rajamandala diperkirakan dimulai dari fase penimbunan formasi (*burial dolomitization*; Tucker & Wright, 1990) akibat penindihan Formasi Rajamandala oleh beberapa satuan batuan Neogen. Pendolomitan yang berpengaruh terhadap batugamping Formasi Rajamandala ini tidak memilih fasies batugamping.

Unsur magnesium sebagai bahan pembentuk mineral kalsit magnesium dan dolomit pada umumnya berasal dari air laut itu sendiri (James, 1991) yang terjebak di dalam formasi. Pada saat terjadi penimbunan formasi, ion magnesium sebagai penyusun kristal dolomit mengalir dan mengganti ion kalsium pada batugamping Formasi Rajamandala, yaitu selama proses diagenesis penimbunan berlangsung. Proses penggantian yang berlangsung pada fase penimbunan batuan tersebut tecermin dari ciri petrografi dolomit, yang mana kebanyakan berkaitan atau sangat berdekatan dengan proses penstilolitan batuan. Struktur stilolit ini lebih tampak dengan jelas di lapangan.

Tampaknya, proses pendolomitan ini berlangsung dari fase penimbunan formasi hingga proses pengangkatan batugamping Formasi Rajamandala ke permukaan. Hal ini dicirikan dengan dijumpainya dolomit yang mengganti sebagian kalsit isian kekar dan rongga batuan berstruktur mosaik drus anhedra dari lingkungan meteorik freatik. Isian kekar dan rongga batuan ini terbentuk pascatektonik dan penstilolitan batuan. Dengan demikian, pendolomitan fase kedua terjadi bersamaan dengan pengangkatan formasi ke permukaan di lingkungan meteorik freatik.

Selama proses pengangkatan batugamping Formasi Rajamandala ke permukaan, proses pelarutan di lingkungan diagenesis meteorik vados berlangsung dengan intensif. Proses ini semakin intensif terjadi pada batugamping yang mengandung

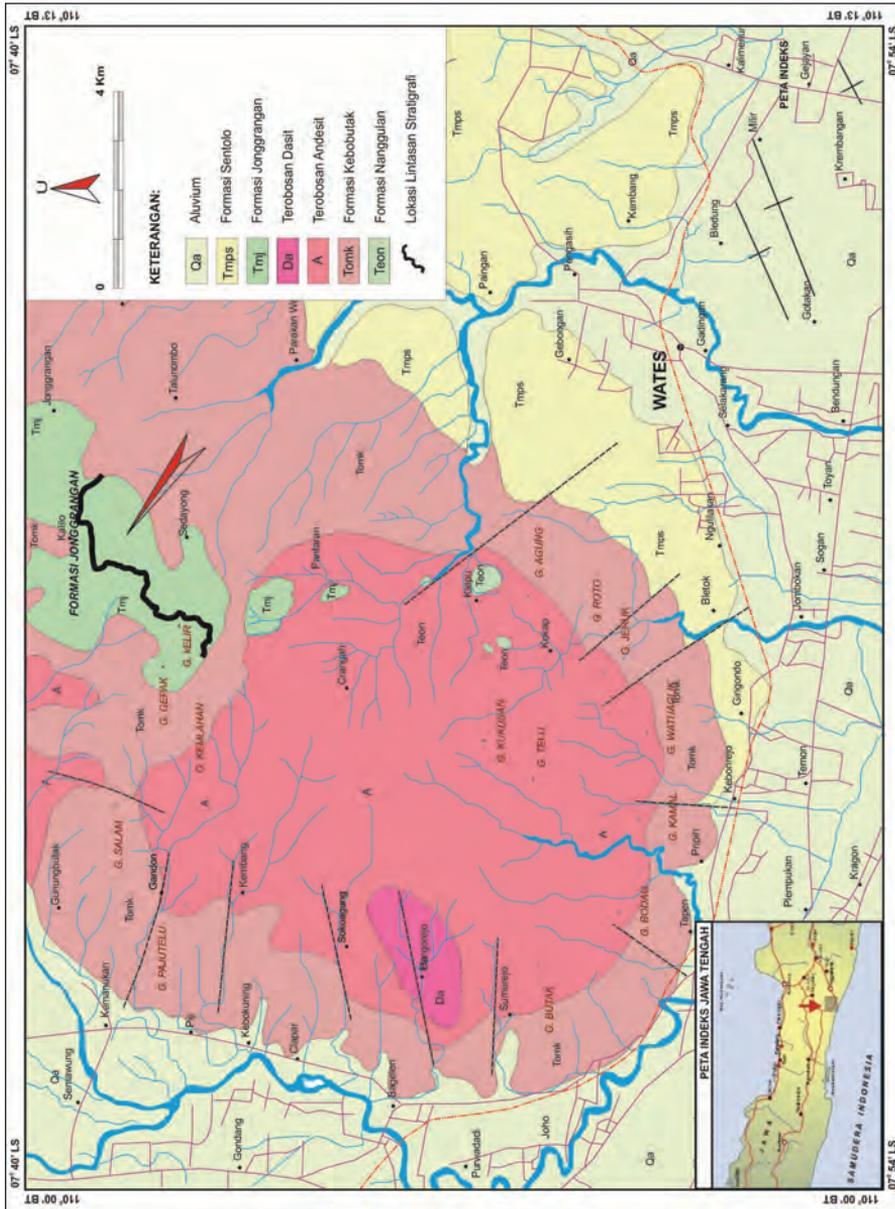
kalsit magnesian atau dolomit karena batuan relatif lebih banyak mengandung pori antarkristal yang beberapa saling berhubungan apabila dibandingkan dengan batugamping berkandungan kalsit bebas unsur magnesium. Sebagai hasilnya, terbentuk cukup banyak rongga pelarutan di lingkungan meteorik vados. Terbentuknya rongga pelarutan yang berskala besar, baik yang telah mengalami pengisian tahap terakhir hingga tidak berongga lagi maupun yang belum mengalami pengisian rongga sehingga membentuk gua yang secara stratigrafi berada di bagian batugamping yang terdolomitkan.

C. FORMASI JONGGRANGAN DI YOGYAKARTA

1. GAMBARAN UMUM

Sejak Kala Oligosen atau sekitar 34 juta tahun yang lalu, di daerah Jawa Tengah bagian selatan mulai terjadi kegiatan gunungapi yang kemudian membentuk satuan batuan gunungapi Paleogen atau lebih dikenal dengan sebutan Formasi Andesit Tua (Bemmelen, 1949). Tektonik yang terjadi di daerah penelitian ini (dikenal sebagai Pegunungan Menoreh) mengakibatkan Formasi Andesit Tua ikut terlipat dengan kemiringan umum ke selatan yang merupakan rendahan, pada saat batuan sedimen selanjutnya terendapkan. Formasi batuan sedimen setelah kegiatan tektonik dan gunungapi tersebut mereda, berupa napal dan batugamping Formasi Jonggrangan yang singkapannya dapat ditemukan di bagian utara dari Pegunungan Kulonprogo dan berlanjut hingga berupa batugamping masif yang tersingkap baik di wilayah Kecamatan Kaligesing, Kabupaten Purworejo (Bronto, 2007). Formasi Jonggrangan ini berumur Miosen Awal dengan lingkungan pengendapan litoral. Formasi Jonggrangan tidak mengalami perlipatan yang sesungguhnya, terguling dan rusak pada waktu tahap akhir pembentukan Kubah Kulonprogo, sama halnya dengan *block-faulting* dari struktur kubah (Bemmelen, 1949). Bagian bawah Formasi Jonggrangan ini terdiri atas aglomerat napalan dan batupasir tufan dengan moluska dan batulumpur dengan lensa lignit. Batuan penyusun bagian atas Formasi Jonggrangan terdiri atas batugamping terumbu, batugamping *Globigerina* dan napal.

Menurut Maryanto (2013), permasalahan yang ada ialah belum adanya penelitian yang mengupas tentang perkembangan lingkungan pengendapan secara terperinci batugamping Formasi Jonggrangan ini. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses dan perkembangan lingkungan pengendapan yang membentuk runtunan stratigrafi batuan penyusun batugamping Formasi Jonggrangan. Objek penelitian ini adalah batugamping penyusun Formasi



Sumber: Rahardjo dkk. (1995)

Gambar 7.108 Peta Geologi Daerah Kulonprogo dan Lokasi Lintasan Gua Kiskendo
Buku ini tidak diperjualbelikan.

Jonggrangan yang tersingkap di Lintasan Gua Kiskendo, Desa Jatimulyo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulonprogo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Lintasan penelitian dimulai dari lereng selatan Gunung Kelir mengarah ke timurlaut sepanjang sekitar 12 km, menuju ke lokasi Gua Kiskendo, yang selanjutnya ke Desa Jonggrangan. Lokasi ini dipilih karena dijumpai batugamping yang termasuk Formasi Jonggrangan dan tersingkap cukup baik.

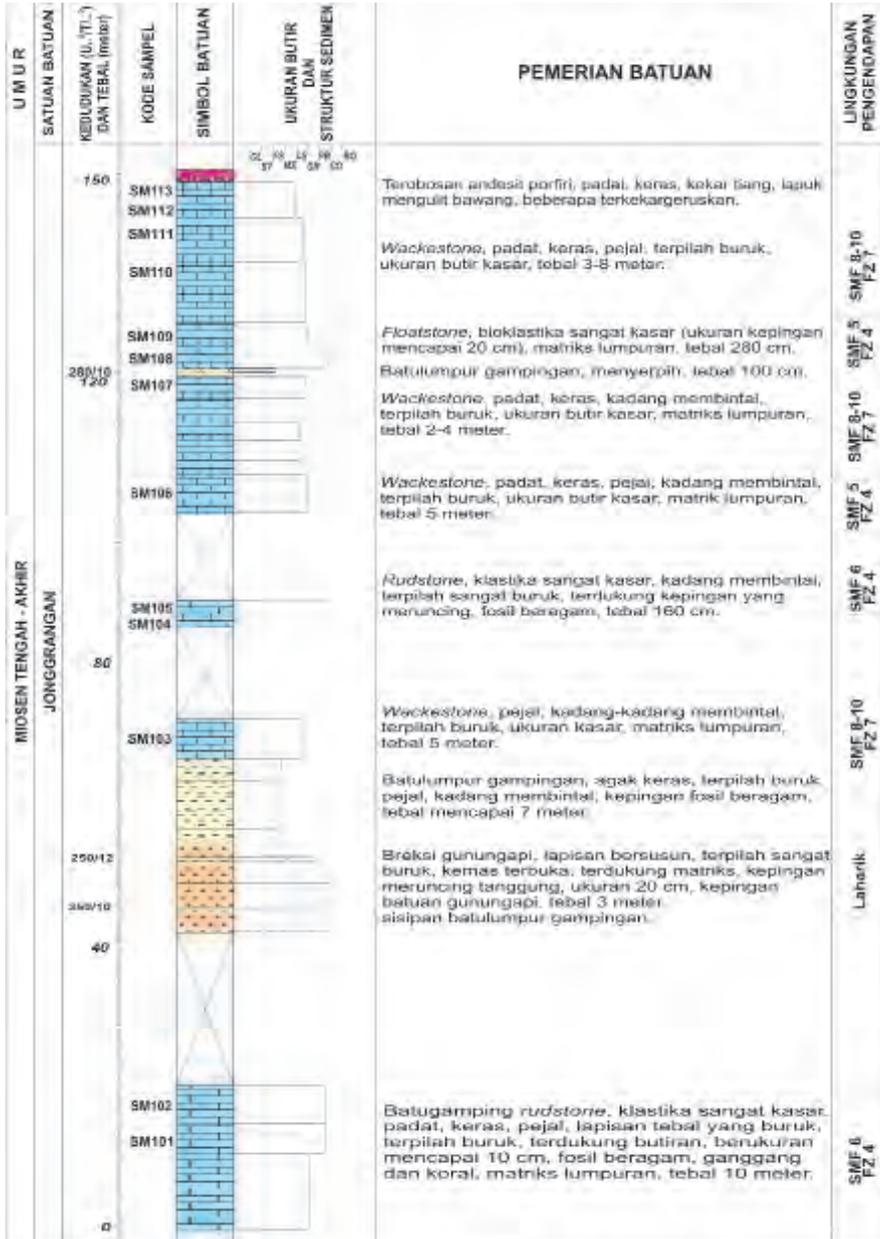
Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data geologi di lokasi lintasan terpilih, khususnya data sedimentologi dengan pembuatan kolom stratigrafi rinci. Kolom stratigrafi yang dimaksud adalah kolom litostratigrafi terukur yang dilengkapi dengan ciri-ciri dan perkembangan litologi dalam suatu runtunan fasies batuan. Guna melengkapi data yang diperoleh di lapangan, dilakukan analisis petrografi batugamping di laboratorium. Pengujian petrografi terhadap beberapa sampel batugamping di lintasan ini digunakan untuk mempertajam analisis dan interpretasi aspek sedimentologi, khususnya aspek mikrofasis batugamping. Penggolongan jenis batugamping yang ada didasarkan kepada klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962) yang telah disempurnakan oleh Embry dan Klovan (1971). Analisis mikrofasis batugamping dikelompokkan berdasarkan pembagian standar mikrofaseis (selanjutnya disingkat SMF menurut Flugel, 1982) yang merupakan pengembangan dari sabuk fasies (selanjutnya disingkat FZ menurut Wilson, 1975).

2. STRATIGRAFI

Pemetaan geologi bersistem dengan skala 1:100.000 telah dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung (Rahardjo dkk., 1995; Gambar 7.108). Tataan stratigrafi satuan batuan yang ada di daerah ini secara berurutan, dimulai dari yang tertua meliputi Formasi Nanggulan, Formasi Kebobutak, Formasi Jonggrangan, Formasi Sentolo, batuan terobosan andesit dan dasit, serta aluvium. Batugamping Formasi Jonggrangan (Tmj) yang berumur Miosen ini terdiri atas konglomerat, napal tufan, dan batupasir gampingan, dengan sisipan lignit, batugamping berlapis, dan batugamping koral. Secara tidak selaras, di atas Formasi Jonggrangan diendapkan Formasi Sentolo, yang tersusun oleh campuran bahan klastika gunungapi dan material karbonat (Maryanto, 2009, 2012).

Berdasarkan hasil pengukuran stratigrafi rinci di Lintasan Gua Kiskendo (Maryanto, 2013), terlihat bahwa singkapan batugamping dijumpai terbaik dan terbanyak di bagian baratdaya lintasan, dan semakin berkurang frekuensinya di bagian timur laut lintasan (Gambar 7.109). Runtunan stratigrafi di Lintasan Gua Kiskendo ini berketebalan total mencapai 250 m dan terbagi menjadi lima segmen

kolom stratigrafi yang mewakili bagian bawah formasi (Gambar 7.110), bagian tengah formasi (Gambar 7.110, 7.111, 7.112 & 7.113), dan bagian atas formasi (Gambar 7.111, 7.113 & 7.114). Posisi setiap kolom stratigrafi dapat dilihat pada Gambar 7.115.

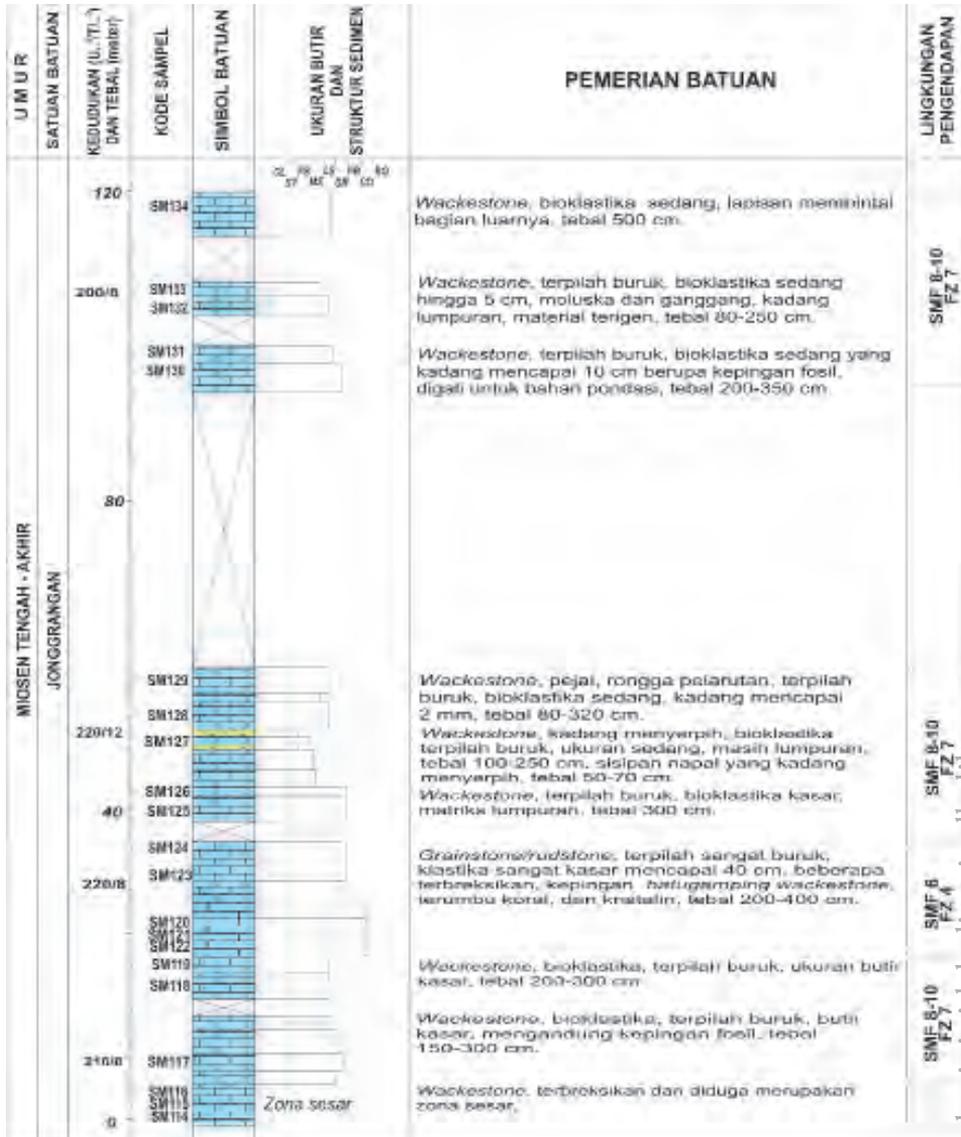


Sumber: Maryanto (2013)

Gambar 7.110 Kolom Stratigrafi Bagian Bawah dan Tengah Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo pada Segmen 1

Buku ini tidak diperjualbelikan.

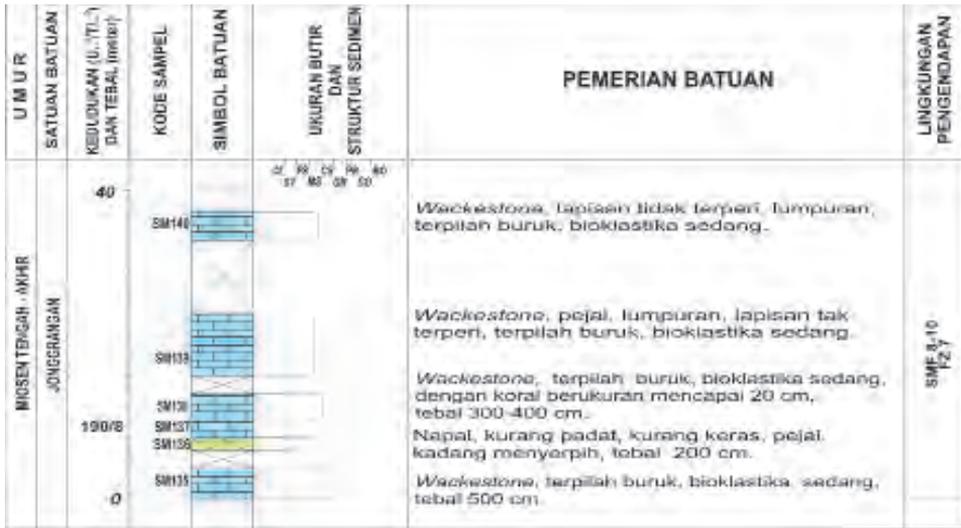
Runtunan stratigrafi bagian bawah Formasi Jonggrangan tersingkap di Segmen 1 Lintasan Gua Kiskendo. Runtunan batuan diawali oleh keberadaan batugamping klastika sangat kasar *rudstone* dengan komponen klastika beragam yang berukuran mencapai 10 cm dan matriksnya masih bersifat lumpuran. *Rudstone* ini berlapis tebal, mencapai 10 m, berulang beberapa kali yang menguasai



Sumber: Maryanto (2013)

Gambar 7.111 Kolom Stratigrafi Bagian Tengah dan Atas Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo pada Segmen 2

Buku ini tidak diperjualbelikan.



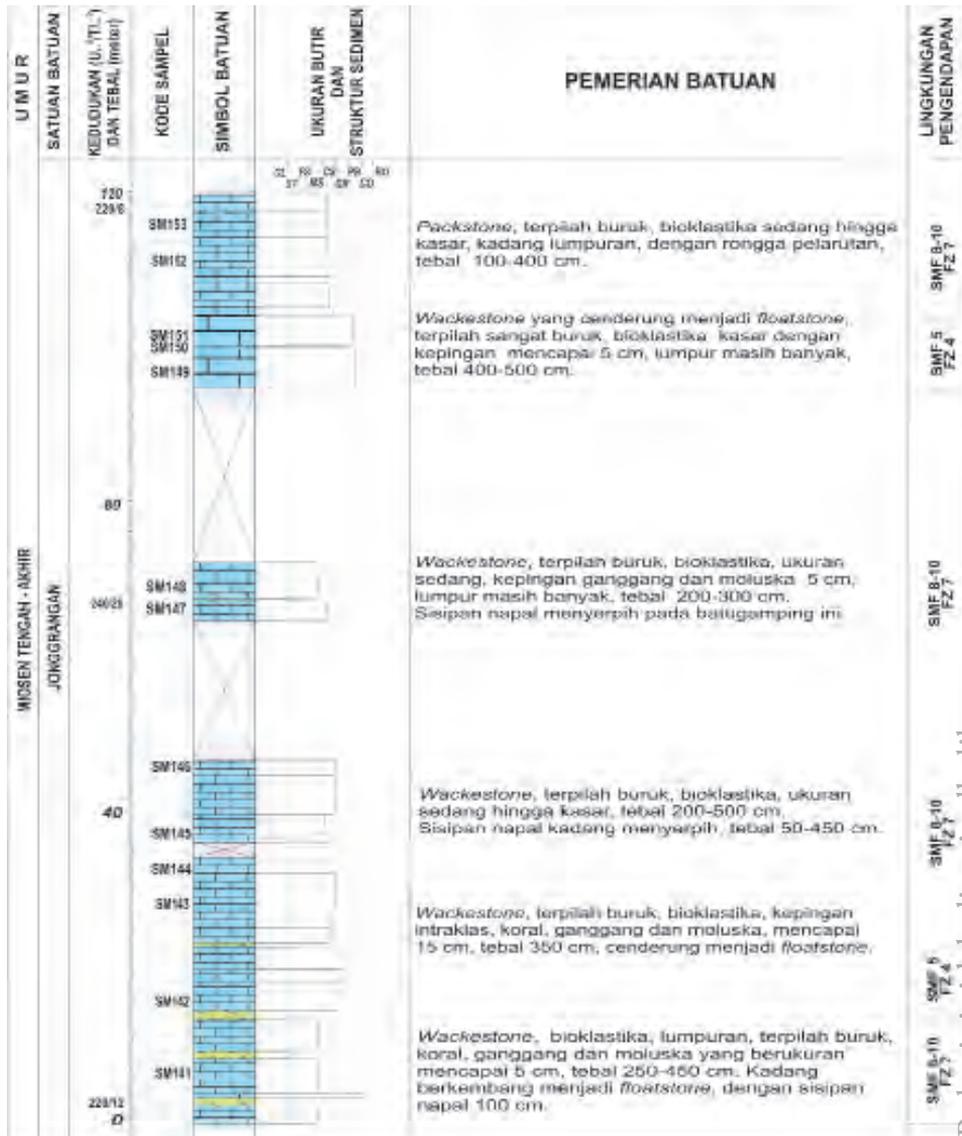
Sumber: Maryanto (2013)

Gambar 7.112 Kolom Stratigrafi Bagian Tengah Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo pada Segmen 3

bagian bawah runtunan batugamping Formasi Jonggrangan. Batuan berikutnya masih merupakan batuan sedimen klastika gunungapi, baik yang berbutir kasar maupun halus. Breksi gunungapi yang berlapis susun dan dengan kemas terbuka berukuran kepingan mencapai 20 cm berada di bagian bawah. Batuan berikutnya merupakan batulumpur gampingan yang masih mengandung komponen bahan gunungapi yang bercampur dengan komponen kepingan batugamping dengan ketebalan lapisan mencapai 7 m. Kemudian, batuan sedimen klastika gunungapi ini berkembang kembali menjadi batugamping bioklastika sedang hingga halus *wackestone-packstone* yang berlapis tebal dan kadang membintal dengan pemilahan buruk. Bagian bawah runtunan Formasi Jonggrangan ini diakhiri oleh keberadaan *rudstone* yang berlapis tebal dengan komponen kepingan dan fosil beragam (Gambar 7.116).

Runtunan stratigrafi bagian tengah Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo tersingkap di Segmen 1, 2, 3, dan 4. Runtunan batuan sangat dikuasai oleh batugamping bioklastika halus *wackestone-packstone* yang kadang-kadang berkembang mengasar menjadi *floatstone* yang berukuran kepingan mencapai 20 cm dengan ketebalan lapisan beragam dari 10 cm hingga 8 m. Pada umumnya, batuan tersebut masih lumpuran yang beberapa bagian memperlihatkan struktur penyerpihan meskipun secara umum tidak memperlihatkan struktur dalam atau pejal. Fosil yang teridentifikasi di dalam batugamping ini beragam, meskipun

secara umum dikuasai oleh jenis moluska, ganggang, dan foraminifera. Beberapa sisipan *grainstone* hingga *rudstone* hadir dengan ketebalan mencapai 4 m, terpilah buruk hingga sangat buruk dengan kepingan meruncing yang berukuran mencapai 40 cm. Sisipan yang lain adalah napal pejal hingga batulempung gampingan yang beberapa bagian tampak menyerpih dan berketebalan mencapai 70 cm (Gambar 7.117).



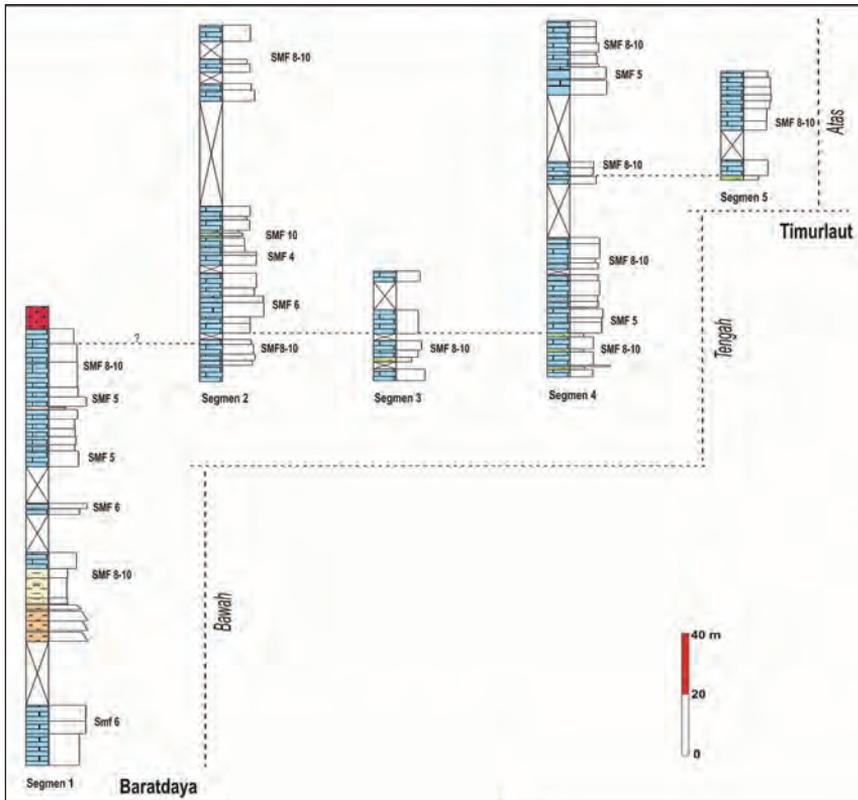
Sumber: Maryanto (2013)

Gambar 7.113 Kolom Stratigrafi Bagian Tengah dan Atas Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo pada Segmen 4

U M U R	SATUAN BATUAN	KEDUDUKAN (U., T., L.) DAN TEBAL (meter)	KODE SAMPEL	SIMBOL BATUAN	UKURAN BUTIR DAN STRUKTUR SEDIMEN	PEMERIAN BATUAN	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
MIDSEN TENGAH - AKHIR	JONGGRANGAN	25 +250/8 200/8	SM159 SM158 SM157 SM156 SM155 SM154		<p>SM159, SM158, SM157, SM156: 10-20, 10-20, 10-20, 10-20</p> <p>SM155, SM154: 10-20, 10-20</p>	<p>Packstone, terpilah buruk, bioklastika sedang hingga kasar, kepingan batuan gunung api 0.5 cm, lumpuran, tebal 2-3 meter.</p> <p>Wackestone, terpilah buruk, bioklastika sedang hingga kasar, beberapa kepingan batuan gunung api berukuran mencapai 1 cm, lumpuran, tebal 3-5 meter.</p> <p>Wackestone, terpilah buruk, bioklastika sedang hingga kasar, kepingan koral, ganggang dan moluska 10 cm, galian organisme, tebal 5 meter. Batuan ini menindih napal pejal, tebal 150 cm.</p>	SMF 8-10

Sumber: Maryanto (2013)

Gambar 7.114. Kolom Stratigrafi Bagian Atas Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo, pada Segmen 5



Sumber: Maryanto (2013)

Gambar 7.115 Korelasi Antarkolom Stratigrafi Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2013)

Gambar 7.116 *Rudstone* yang terpilah sangat buruk dan mengandung kepingan koral berukuran sangat kasar, menyusun bagian bawah Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo. Difoto di lokasi 105, lihat Gambar 7.109, kode sampel SM105.



Sumber: Maryanto (2013)

Gambar 7.117 Singkapan *wackestone* berlapis baik dengan sisipan napal menyerpih, menyusun bagian tengah Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo. Difoto di lokasi 130, lihat Gambar 7.109, kode sampel SM141.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Runtunan stratigrafi bagian atas Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo tersingkap di Segmen 2, 4, dan 5. Runtunan batuan di bagian atas formasi ini terdiri atas batugamping bioklastika halus hingga sedang *wackestone-packstone*, kadang-kadang berkembang mengasar menjadi *floatstone* yang berukuran kepingan mencapai 10 cm dan dengan ketebalan lapisan beragam dari 40 cm hingga mencapai 5 m. Pada umumnya, batuan tersebut berlapis baik dengan matriks sebagian masih lumpuran dan fosil yang teridentifikasi beragam.

Di bagian teratas formasi, batuan berkembang menjadi *packstone* yang berketebalan 2–3 m, terpilah buruk hingga sangat buruk dengan kepingan berukuran mencapai 5 cm (Gambar 7.118). Runtunan batuan yang lebih muda tidak tersingkap lagi di Lintasan Gua Kiskendo ini karena telah tertutup *soil*.

Dari hasil pengukuran stratigrafi rinci yang telah dilakukan, diambil beberapa sampel batuan untuk diuji petrografi di laboratorium. Hasil uji petrografi (Tabel 7.11) ini dipakai sebagai dasar penentuan mikrofases batugamping di lintasan penelitian dan digabungkan dengan kolom stratigrafi rinci di lapangan untuk merunut kembali perkembangan sedimentologinya.



Sumber: Maryanto (2013)

Gambar 7.118 *Packstone* yang berlapis buruk, masih lumpuran, dengan beberapa kepingan bioklastika yang berukuran beragam, menyusun bagian atas Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo. Difoto di lokasi 141, lihat Gambar 7.109, kode sampel SM158.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tabel 7.11 Ringkasan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo, Kulonprogo

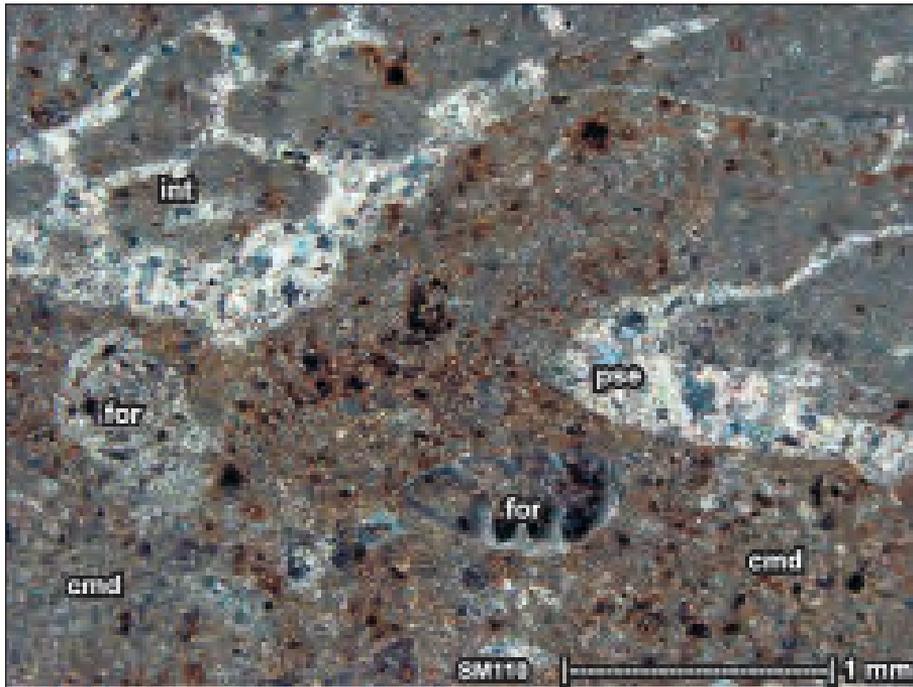
PEMERIAN	KETERANGAN																			
	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM
Struktur	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Tekstur	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf	bf
Pemilahan	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p
Kerus	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
Uk. Butir (mm)	1.20	1.10	1.40	1.40	>2.0	1.50	1.20	1.50	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Bentuk Butir	su	sr	su	su	a-sa	a-sa	su													
Hibungan Butir	p	pl	pl	fp	f	fp	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f
% komponen																				
Butiran Karbonat	24	43	32	28	28	24	24	26	28	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Biotika	2	3.5	6	8	8	6	6	6	4	6	6	6	8	10	2	2	14	4	2	2
Inklus ekstraks	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Obol/ocelit	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pelelehid	1	0.5	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	2	0.5	2.5	-	-
Butiran Terigen																				
Kerus	0.5	-	-	-	-	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	-	0.5	-	0.5	0.5	0.5	-	0.5	0.5
Feldspar	-	-	-	-	-	-	2	0.5	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Kepung batuan	-	-	-	-	-	1.5	-	-	5	1	0.5	0.5	-	2	-	-	-	-	-	-
Butiran lain	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-
Matriks																				
Lumpur Karbonat	53	32	28	44	50	46	58	61	42	48	54	57	37	44	28	63	54	56	32	48
Mineral lempung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penyebaran																				
Ontospori	1	6	5	4	7	6	3	4	4	4	2	2	6	4	3	2	3	1	2	1
Oksida besi	1.5	1	1	2.5	1.5	1.5	0.5	1.5	2	2	1	1.5	0.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	0.5
Lempung anorganik	-	0.5	-	-	1	0.5	0.5	-	0.5	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-
Serai lain	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nonferrous																				
Mikrospori	3	9	4	4	4	4	4	4	6	4	3	2	6	8	2	2	3	2	1	4
Pseudospar	2	1	2	-	2	1	-	1	2	1	2	4	3	-	1	-	1	-	1	-
Lumpur mikrosisi	0.5	-	-	0.5	-	0.5	-	0.5	1	1	0.5	-	0.5	-	0.5	1	-	-	-	-
Keperuan																				
Anat-dalam partikel	1	1	0.3	1	-	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	-	-	0.5	0.5	0.5	0.5	-	1	-
Primer yang lain	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-	0.5	1	0.5	-	0.5	-	-	-	-	-	-
Gerowong	1	2	1.5	2	-	1	2.5	2	1	3	0.5	1	2	2	1	4	-	-	1	4
Sekunder yang lain	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nama Batuan	W	P	P	W	FW	FW	W	W	FW	W	W	W	W	W	W	M	B	W	W	W
SMF /FZ	97	107	107	97	87	54	97	87	87	87	97	107	75	87	54	87	87	87	87	87
Stratigrafi	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Sumber: Maryanto (2013) tidak diperjualbelikan.

3. MIKROFASIES

Fasies pengendapan batugamping terumbu depan yang berupa *rudstone* mengawali runtunan pengendapan batugamping Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo, Kulonprogo. Hubungan langsung batugamping dengan batuan di bawahnya tidak ditemukan di lintasan ini. Keberadaan batuan klastika gunungapi di antara batugamping *rudstone* fasies terumbu depan ini mengindikasikan bahwa pada kala itu di daerah penelitian merupakan wilayah busur gunungapi. Mengacu kondisi geologi regional Indonesia bagian barat, dapat dikatakan bahwa batuan alas batugamping adalah batuan piroklastika gunungapi yang termasuk ke dalam Formasi Kebobotak (Rahardjo dkk., 1995; Maryanto dkk., 2008b; Maryanto, 2012), yang terbentuk dan terendapkan di jalur gunungapi setelah pembentukan *pull-apart basin* Jawa sejak Miosen Tengah (Indranadi dkk., 2012). Fenomena ini masih tecermin dengan adanya beberapa sisipan breksi gunungapi hingga batulumpur gampingan di bagian terbawah runtunan batugamping Formasi Jonggrangan. Tidak diketahui secara pasti kedudukannya, apakah batugamping di daerah penelitian diendapkan di busur gunungapi depan, atau busur gunungapi belakang, atau di antara gunungapi.

Bagian bawah runtunan stratigrafi batugamping Formasi Jonggrangan masih kurang teramati dengan baik karena sebagian besar telah tertutup *soil*. Aspek sedimentologi batugamping di bagian bawah Formasi Jonggrangan ini masih dapat diperkirakan dengan baik. Keberadaan *rudstone* di bagian ini mencerminkan bahwa lingkungan pengendapan pada saat itu adalah lereng depan (*slope or fore slope*; Tucker, 2001; Wilson, 1975) atau di daerah terumbu depan (*reef-front*; Tucker & Wright, 1990), atau lebih tepatnya lerengan terumbu depan (SMF6-FZ4; *fore-reef slope*; Flugel, 1982). Meskipun fasies lereng depan dari batugamping dapat teramati dengan baik, fasies bentukan terumbu yang membentuk *boundstone* tidak teramati. Kemudian, lingkungan bergeser menjadi landaian laguna dengan sirkulasi terbuka (SMF8-FZ7; *shelf lagoon with open circulation*), yang mengendapkan batugamping *wackestone*. Jenis bioklas yang teramati dikuasai oleh foraminifera besar bentonik, moluska, ganggang merah, echinodermata, dan fosil lain, sebagai penciri endapan laguna (Tucker, 2001), baik dengan sirkulasi air yang terbuka maupun yang tertutup. Sebagai konsekuensinya, bentukan terumbu di daerah ini pada saat itu tidak menyebar secara luas dan tidak membentuk lingkungan laguna tertutup. Keberadaan beberapa *wackestone* dan kadang-kadang berkembang menjadi *floatstone* (Gambar 7.119), dengan komponen bioklas bryozoa dan koral yang berasal dari pecahan terumbu, menunjukkan lingkungan pengendapan sayap terumbu (SMF5-FZ4; *reef-flank*). Perulangan lapisan tidak teramati dengan baik



Sumber: Maryanto (2013)

Gambar 7.119 *Wackestone/floatstone* dengan intraklas (int) kerangka koral dan bryozoa selain foraminifera (for) yang beberapa bagian tergantung menjadi pseudosparit (pse), dengan matriks lumpur karbonat (cmd). Batuan ini menyusun bagian bawah Formasi Jonggrangan. Kode sampel SM110 (lihat Gambar 7.110), kedudukan lensa nikol bersilang.

pada bagian bawah batugamping Formasi Jonggrangan ini, tetapi hal ini mulai teramati dengan baik di bagian tengah formasi.

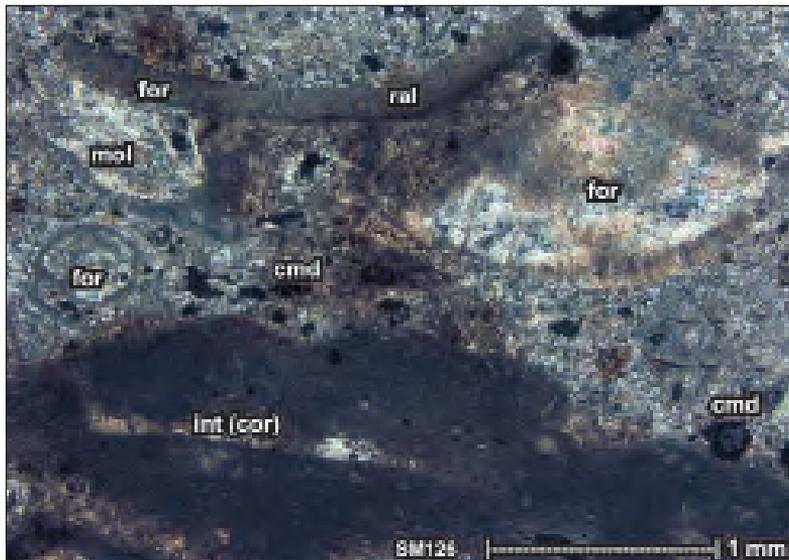
Bagian tengah Formasi Jonggrangan di Lintasan Gua Kiskendo dikuasai oleh *wackestone* yang kadang-kadang berkembang mengasar menjadi *packstone* dan *floatstone*, dan kadang-kadang dengan sisipan *boundstone*. Batuan yang menguasai runtunan bagian tengah Formasi Jonggrangan tersebut pada umumnya diendapkan di lingkungan landaian laguna dengan sirkulasi terbuka (*shelf lagoon with open circulation*; SMF8-FZ7). Fosil yang teridentifikasi di dalam batugamping ini jenisnya agak terbatas, yang dikuasai oleh foraminifera bentonik, moluska, dan ganggang merah (Gambar 7.120). Lingkungan pengendapan landaian laguna dengan sirkulasi terbuka tersebut kadang-kadang bergeser menjadi laut dangkal dengan sirkulasi terbuka (SMF9-FZ7) atau menjadi lebih dalam yang membentuk cekungan lokal (SMF10-FZ7).

Pada lingkungan yang lebih dalam ini telah terjadi proses seleksi dan pencucian fosil dengan baik (Gambar 7.121) dan dengan fosil yang lebih beragam.



Sumber: Maryanto (2013)

Gambar 7.120 *Wackestone* yang cenderung menjadi *floatstone* dengan beberapa bioklas moluska (mol) terganti menjadi pseudosparit (pse), ganggang merah (ral), foraminifera (for), ekstraklas (int), dan material terigen (ter) khususnya feldspar. Batuan ini menyusun bagian tengah Formasi Jonggrangan. Kode sampel SM119 (lihat Gambar 7.111), kedudukan lensa nikol bersilang.



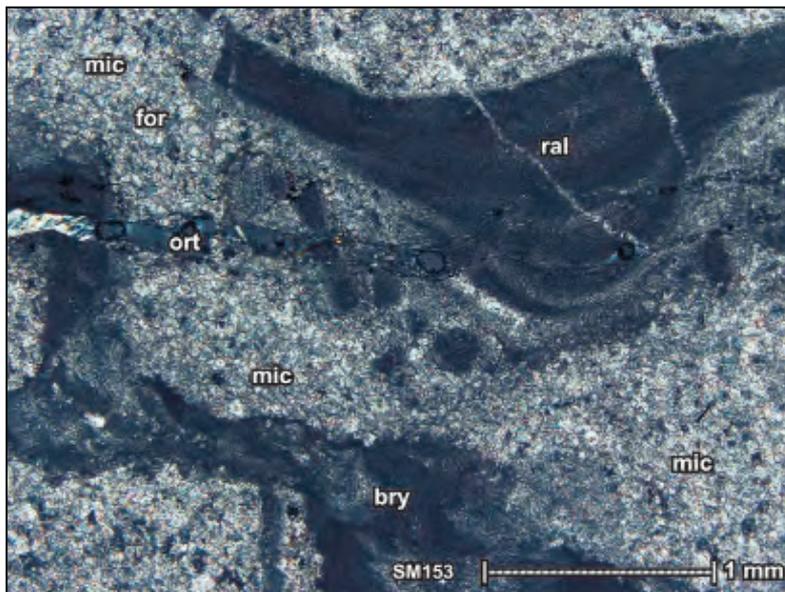
Sumber: Maryanto (2013)

Gambar 7.121 *Packstone* dengan pencucian fosil yang sudah cukup baik. Tampak bioklas foraminifera (for), moluska (mol), ganggang merah (ral), dan intraklas (int) batugamping terumbu karal (cor) yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Batuan ini menyusun bagian tengah Formasi Jonggrangan. Kode sampel SM126 (lihat Gambar 7.111), kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Beberapa sisipan batuan yang lebih kasar, yaitu *packstone-floatstone* menunjukkan lingkungan pengendapan sayap terumbu (*reef flank*; SMF5-FZ4). Meskipun sangat jarang, sisipan batugamping inti terumbu (*organic reef*; SMF7-FZ5) masih dijumpai di bagian tengah Formasi Jonggrangan ini, dengan penciri khusus batugamping tersebut berstruktur berbuku-buku, yang merupakan karakter pertumbuhan fase terakhir terumbu dan pada umumnya terbentuk pada wilayah dataran terumbu (*reef-flat*; Bathurst, 1975; Tucker & Wright, 1990). Kelangkaan batugamping nonklastika di lintasan penelitian ini mencerminkan bahwa pertumbuhan terumbu di daerah ini kurang optimal dan hanya berupa terumbu lokal (*patch-reef*; Tucker, 2001; Kendall, 2005).

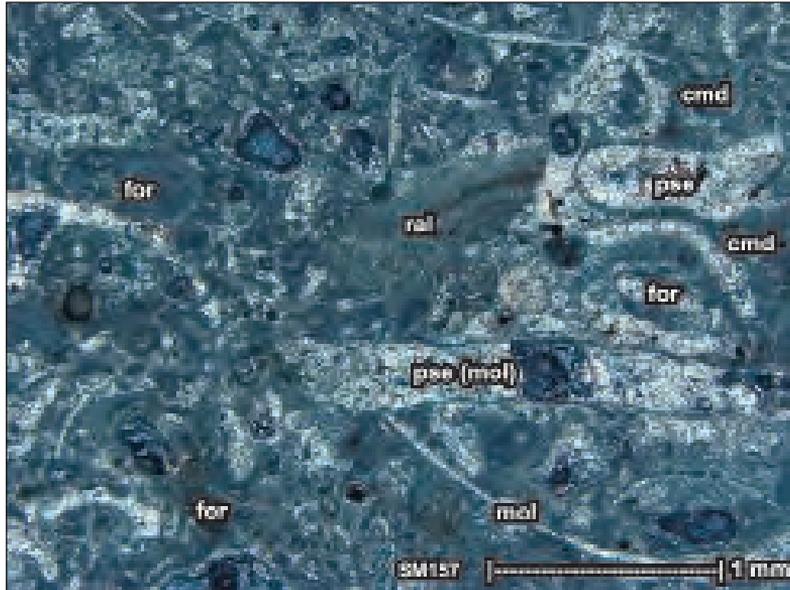
Bagian atas runtunan batugamping Formasi Jonggrangan merupakan seri perulangan antara *wackestone* (Gambar 7.122) dari lingkungan landaian laguna dengan sirkulasi terbuka (*shelf lagoon with open circulation*; SMF8-FZ7) yang diakhiri dengan *floatstone* (Gambar 7.123) yang merupakan seri endapan sayap terumbu (*reef flank*; SMF5-FZ4). Karakter ukuran butirannya menjadi lebih kasar jika dibandingkan pada segmen bagian bawah dan tengah formasi. Kadang-kadang batuan menjadi terhablur ulang akibat penyusutan, tetapi di lapangan



Sumber: Maryanto (2013)

Gambar 7.122 *Wackestone* dengan beberapa fosil pergerakan ganggang merah (ral), bryozoa (bry) yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat tergantikan menjadi mikrosparit (mic), dengan pengisian retakan oleh orthosparit (ort). Batuan ini menyusun bagian atas Formasi Jonggrangan. Kode sampel SM153 (lihat Gambar 7.113), kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2013)

Gambar 7.123 *Floatstone* dengan beberapa fosil foraminifera (for), ganggang merah (ral), moluska (mol) sebagian tergantikan menjadi pseudosparit (pse) dan berada di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Batuan ini menyusun bagian atas Formasi Jonggrangan. Kode sampel SM157 (lihat Gambar 7.114), kedudukan lensa nikol bersilang.

tidak diketahui jenis dan lokasi sesar tersebut. Bagian teratas batugamping Formasi Jonggrangan langsung tertutup tanah sehingga hubungan formasi dengan satuan batuan yang lebih muda tidak diketahui. Meskipun demikian, berdasarkan kondisi geologi regional (Rahardjo dkk., 1995; Karnawati dkk., 2006) diketahui bahwa bagian teratas Formasi Jonggrangan berhubungan menjemari dengan batugamping Formasi Sentolo.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, dapat dikatakan bahwa batugamping Formasi Jonggrangan terendapkan di atas batuan alas gunungapi Formasi Kebobutak. Seperti halnya yang terjadi pada Formasi Sentolo (Maryanto, 2009, 2012), bagian bawah batugamping Formasi Jonggrangan masih bersifat pasiran dengan kepingan batuan gunungapi cukup banyak. Hal ini menunjukkan bahwa fase pengendapan batugamping Formasi Jonggrangan masih sangat terpengaruh oleh batuan alas gunungapi Formasi Kebobutak. Pengaruh gunungapi ini semakin mengecil ke arah atas, yang diketahui dari nilai kerentanan magnet batuan yang semakin mengecil (Yurnaldi dkk., 2008). Meskipun demikian, kedudukan tektonika di lintasan penelitian pada saat itu tidak diketahui apakah berada di

wilayah busur depan, atau di wilayah busur belakang gunungapi, atau di antara gunungapi. Fase pengendapan batugamping Formasi Jonggrangan pada saat itu secara umum dengan keadaan susut laut. Proses naik dan turunnya muka air laut pada saat pengendapan batugamping Formasi Jonggrangan tecermin oleh perulangan lapisan batugamping yang terbentuk pada lingkungan yang sama secara ritmik, hingga mencapai ketebalan total sekitar 250 m. Fase terakhir pengendapan batugamping Formasi Jonggrangan di lintasan penelitian tidak diketahui meskipun secara regional dikatakan bahwa pengendapan batugamping tersebut masih berlanjut pada Kala Miosen Akhir yang membentuk Formasi Sentolo.

D. FORMASI SENTOLO DI YOGYAKARTA

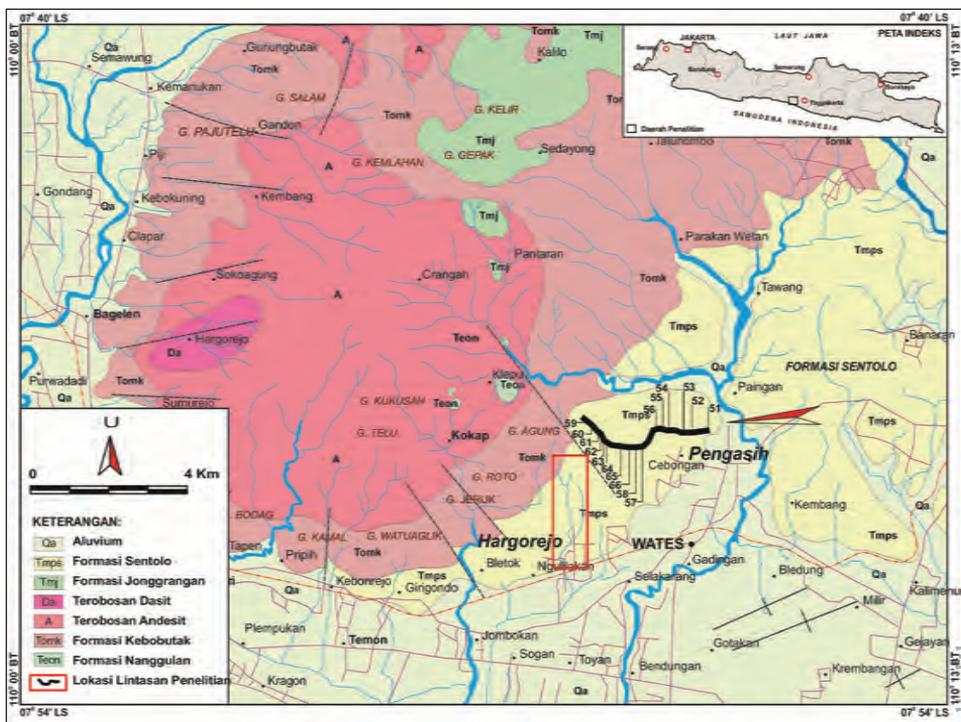
1. GAMBARAN UMUM

Hasil-hasil penelitian tentang batugamping cukup berkembang pesat dan muncul mengikuti konsep-konsep terbaru di dalam disiplin ilmu geologi, misalnya konsep sekuen stratigrafi (Waite, 2002; Kendall, 2005). Kemajuan penelitian batugamping secara petrografi, di bawah mikroskop polarisasi, juga tidak kalah berkembang. Banyak peneliti terdahulu selalu mencantumkan kenampakan visual batugamping secara megaskopis dan mikroskopis yang dilengkapi dengan keterangan jenis dan jumlah komponen serta interpretasi lingkungan pengendapan dan proses diagenesis yang telah berlangsung (Bathurst, 1975; Scholle, 1978; Longman, 1980; Flugel, 1982; MacKenzie dkk., 1984; Read, 1985; Tucker & Wright, 1990; James, 1991; Ulmer-Scholle & Mosley, 2000; Railsback, 2002; Gregg, 2005). Dengan demikian, aspek petrografi batugamping, secara khusus aspek mikrofases atau lingkungan pengendapan, merupakan topik penelitian yang cukup menarik.

Penelitian petrografi batugamping ini bertujuan untuk mengetahui karakter petrografi batugamping penyusun Formasi Sentolo dalam kaitannya dengan lingkungan pengendapan batuan, yaitu pada lingkungan paparan tertampi (SMF11-FZ6; *winnowed platform edge sands*; Flugel, 1982). Objek penelitian petrografi batugamping ini adalah batugamping bioklastika penyusun Formasi Sentolo yang tersingkap di Desa Hargorejo, Kecamatan Kokap, dan di Lintasan Pengasih, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulonprogo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kedua lokasi ini dipilih karena dijumpai batugamping Formasi Sentolo. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data geologi di lokasi lintasan terpilih, dilanjutkan dengan pengujian petrografi batugamping yang dilengkapi dengan analisis dan interpretasi pengujian. Interpretasi mikrofases pada penelitian ini dilakukan berdasarkan pembagian mikrofases menurut Flugel

(1982) yang merupakan pengembangan pembagian sabuk fasies pengendapan batugamping menurut Wilson (1975).

Pemetaan geologi bersistem berskala 1:100.000 telah dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung (Rahardjo dkk., 1995; Gambar 7.124). Tataan stratigrafi satuan batuan yang ada di daerah ini secara berurutan, dimulai dari yang tertua meliputi Formasi Nanggulan, Formasi Kebobutak, Batuan Terobosan Andesit dan Dasit, Formasi Jonggrangan, Formasi Sentolo, serta Aluvium.



Sumber: Rahardjo dkk. (1995)

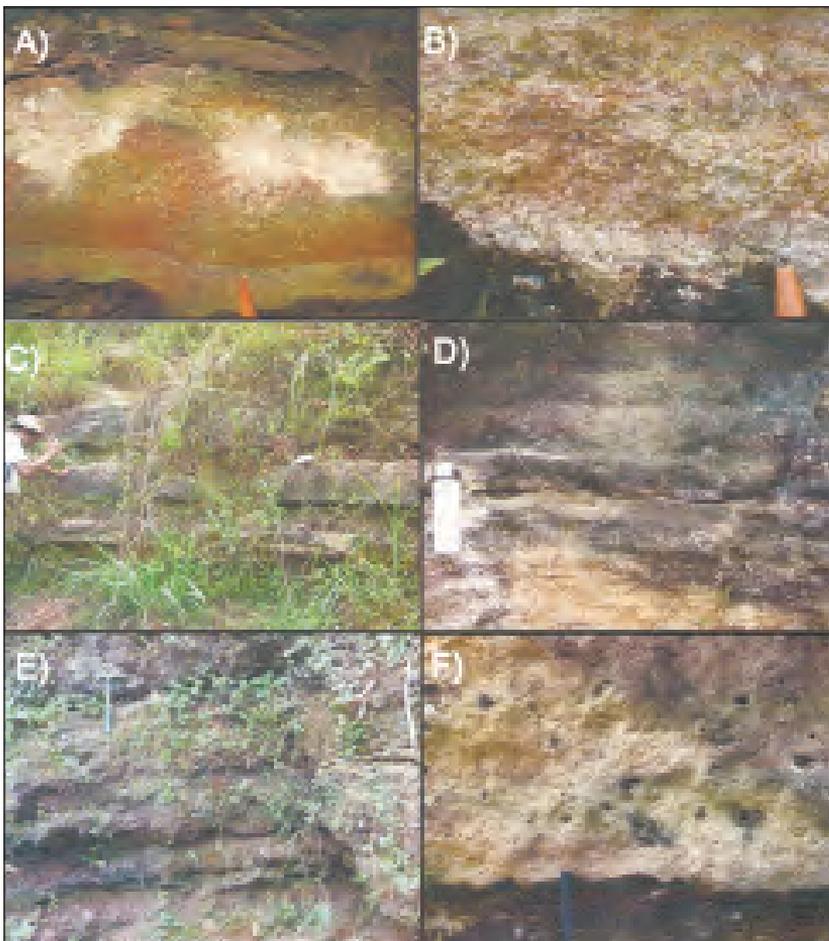
Gambar 7.124 Peta Geologi Daerah Kulonprogo serta Lokasi Pengasih dan Hargorejo

2. LINTASAN HARGOREJO

a. Runtunan Stratigrafi

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, secara umum dapat diketahui bahwa batugamping Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo terdiri atas batugamping bioklastika berlapis dengan ketebalan total mencapai 180 m (Maryanto dkk., 2008b). Beberapa sisipan napal dan napal tufan masih dapat dijumpai di dalam runtunan formasi ini (Gambar 7.125).

Menurut Maryanto (2009a) dan Maryanto (2012a), runtunan stratigrafi Formasi Sentolo di Desa Hargorejo diawali oleh pelapisan batugamping bioklastika sedang *grainstone-packstone* dengan sisipan tipis napal dan napal tufan. Pelapisan *grainstone-packstone* ini berulang beberapa kali yang menguasai bagian bawah runtunan batugamping Formasi Sentolo. Batugamping bioklastika *grainstone-packstone* tersebut berkembang dengan baik pada bagian tengah formasi dan memperlihatkan pelapisan baik yang berketebalan beragam. Beberapa singkapan menunjukkan pelapisan yang homogen dan tajam (Gambar 7.126). Struktur sedimen kurang aktif terbentuk pada lapisan batugamping



Sumber: Maryanto (2009a)

Gambar 7.126 Beberapa kenampakan singkapan batugamping Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo, Kokap, Kulonprogo, yang memperlihatkan A) hubungan bawah lapisan erosional, B) butiran yang berukuran pasir sangat kasar hingga kerikilan, C) pola pelapisan yang relatif seragam, D) pemilahan butiran sedang, E) pelapisan baik yang lain, dan F) rongga pelarutan tidak teratur.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

bioklastika tersebut. Keadaan sebaliknya adalah kandungan material terigen, yang dikuasai oleh kepingan batuan gunungapi dan butiran kuarsa, masih cukup banyak dijumpai di bagian tengah formasi ini, selain bagian bawah formasi yang berkandungan material terigen. Menginjak ke bagian atas formasi, batugamping masih dikuasai oleh batugamping bioklastika sedang *grainstone-packstone* dengan sisipan tipis batulempung gampingan dan napal. Runtunan batugamping Formasi Sentolo tersebut langsung tertutup oleh endapan aluvium.

b. Petrografi

Pengujian petrografi batugamping telah dilakukan terhadap 38 sampel batugamping Formasi Sentolo di lintasan penelitian (Maryanto, 2009; Tabel 7.12 dan 7.13). Berdasarkan hasil pengujian petrografi batugamping tersebut, terlihat ada kesamaan karakter pada semua batugamping, yaitu batuan yang diuji berjenis *grainstone* (klasifikasi batugamping menurut Dunham, 1962; Embry & Klovan, 1971) yang kadang-kadang bersifat pasiran. Batuan pada umumnya pejal yang beberapa memperlihatkan pengarah butiran, bertekstur bioklastika fragmental yang terpilah sedang (Gambar 7.127), terdukung butiran, kemasnya tertutup, dan dengan ukuran butir pasir sedang hingga sangat kasar. Proses seleksi butiran, abrasi, dan pencucian pada butiran karbonat umumnya telah berjalan dengan baik (Gambar 7.128).

Untuk mengelompokkan komponen butiran karbonat, digunakan klasifikasi komponen batugamping menurut Folk (1962). Komponen butiran karbonat didominasi oleh kepingan fosil serta sedikit intraklastika dan pelet. Komponen fosil atau bioklastika pada umumnya berupa fosil foraminifera besar, moluska, dan ganggang merah (Gambar 7.129).

Fosil lain teridentifikasi dengan jumlah terbatas, meliputi bryozoa, koral, echinodermata, brachiopoda, dan fosil lainnya. Batugamping tersebut kadang-kadang masih mengandung material asal darat, yang dikuasai oleh kepingan batuan gunungapi andesitik yang telah lapuk dan berubah, sedikit batuan sedimen argilitan, kuarsa, feldspar, glaukonit, mineral opak termasuk mineral bijih, dan mineral mafik. Batugamping yang diuji petrografi secara umum bebas matriks lumpur karbonat maupun mineral lempung. Penyemen batuan yang terutama adalah orthosparit kalsit mosaik drus anhedral (Gambar 7.130), serta beberapa semen ikutan lainnya seperti oksida besi, silika kuarsa, dan lempung authigenik. Komponen mineral sekunder sebagai hasil neomorfisme hadir jarang, terdiri atas pseudosparit, lumpur pemikritan, dan dolomit. Keporian batuan hadir jarang, pada umumnya bertipe sisa antarpartikel dan gerowong pelarutan (*vug*).

Tabel 7.12 Ringkasan Hasil Uji Petrografi Batugamping Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo, Kokap, Kulonprogo

No.	Kode Sampel	Butiran				Ma-triks	Semen				Re-krist	Lpr-Mikr	Do-lomit	Pori
		Bio-klas	Intra-klas	Pe-let	Teri-gen		Ort	Oks	Sil	Lpa				
1.	08SM26K	54,0	4,0	3,0	3,0	0,0	19,0	2,0	0,0	1,0	2,0	6,0	0,0	6,0
2.	08SM26J	49,0	9,0	2,0	12,0	0,0	14,0	3,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	7,0
3.	08SM26I	55,0	3,0	1,0	3,0	0,0	18,0	3,0	0,0	1,0	2,0	2,0	0,0	12,0
4.	08SM26H	57,0	5,0	3,0	8,0	0,0	14,0	3,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	6,0
5.	08SM26G	55,0	4,0	7,0	5,0	0,0	19,0	2,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	6,0
6.	08SM26F	49,0	3,0	0,0	4,0	0,0	26,0	3,0	1,0	1,0	1,0	3,0	0,0	9,0
7.	08SM26E	55,0	3,0	1,0	4,0	0,0	23,0	3,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	9,0
8.	08SM26D	38,0	16,0	2,0	10,0	0,0	24,0	2,0	1,0	0,0	3,0	0,0	0,0	4,0
9.	08SM26C	54,0	4,0	3,0	5,0	0,0	15,0	2,0	0,0	2,0	4,0	3,0	0,0	8,0
10.	08SM26B	41,0	10,0	0,0	14,0	0,0	30,0	1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0
11.	08SM27	50,0	4,0	1,0	7,0	0,0	19,0	2,0	0,0	1,0	9,0	2,0	0,0	4,0
12.	08SM28B	46,0	9,0	2,0	9,0	0,0	19,0	3,0	0,0	1,0	3,0	2,0	1,0	5,0
13.	08SM28A	55,0	7,0	0,0	10,0	0,0	17,0	1,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0	7,0
14.	08SM29E	47,0	7,0	3,0	6,0	0,0	20,0	5,0	0,0	0,0	2,0	4,0	0,0	6,0
15.	08SM29D	44,0	6,0	2,0	13,0	0,0	20,0	3,5	0,0	2,0	4,0	2,0	0,0	3,5
16.	08SM29B	56,0	2,0	0,0	8,0	0,0	22,0	2,0	0,0	0,0	4,0	1,0	0,0	5,0
17.	08SM30A	61,0	4,0	1,0	1,0	0,0	22,0	1,0	0,0	0,0	3,0	1,0	0,0	6,0
18.	08SM30B	49,0	3,0	1,0	3,0	0,0	30,0	2,0	0,0	2,0	4,0	2,0	0,0	4,0
19.	08SM30C	50,0	4,0	3,0	7,0	0,0	18,0	2,0	0,0	3,0	6,0	2,0	0,0	5,0
20.	08SM30D	60,0	6,0	2,0	0,0	0,0	20,0	1,0	0,0	0,0	4,0	1,0	0,0	6,0
21.	08SM30E	59,0	6,0	1,0	3,0	0,0	18,0	1,0	0,0	0,0	4,0	2,0	0,0	6,0
22.	08SM30F	49,0	3,0	2,0	8,0	0,0	18,0	2,0	0,0	0,0	0,0	3,0	2,0	5,0
23.	08SM30G	49,0	6,0	4,0	8,0	0,0	17,0	2,0	0,0	1,0	2,0	2,0	0,0	8,0
24.	08SM30H	51,0	4,0	1,0	5,0	0,0	24,0	3,0	0,0	0,0	2,0	4,0	0,0	6,0
25.	08SM30I	52,0	7,0	1,5	4,5	0,0	24,0	2,0	0,0	0,0	2,0	3,0	0,0	4,0
26.	08SM30J	42,0	8,0	1,0	10,0	0,0	27,0	3,0	0,0	0,0	1,0	5,0	0,0	3,0
27.	08SM30K	50,0	6,0	2,0	8,0	0,0	22,0	2,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0	7,0
28.	08SM31D	44,0	4,0	1,0	14,0	0,0	28,0	2,0	0,0	0,0	4,0	1,0	0,0	2,0
29.	08SM31C	49,0	3,0	1,0	4,0	0,0	33,0	2,0	0,0	1,0	2,0	1,0	0,0	4,0
30.	08SM31B	40,0	9,0	0,0	9,0	0,0	24,0	4,0	0,0	2,0	0,0	3,0	0,0	9,0
31.	08SM31A	53,0	1,0	1,0	4,0	0,0	27,0	2,0	0,0	1,0	2,0	1,0	0,0	8,0
32.	08SM32G	44,0	3,0	1,0	15,0	0,0	27,0	3,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	3,0
33.	08SM32F	48,0	12,0	0,0	5,0	0,0	22,0	3,0	0,0	1,0	2,0	2,0	0,0	5,0
34.	08SM32E	48,0	6,0	0,0	8,0	0,0	24,0	2,0	0,0	1,0	2,0	3,0	0,0	6,0
35.	08SM32D	39,0	12,0	0,0	23,0	0,0	17,0	2,0	0,0	3,0	0,0	1,0	0,0	3,0
36.	08SM32C	32,0	12,0	0,0	27,0	0,0	18,0	3,0	0,0	4,0	0,0	2,0	0,0	2,0
37.	08SM32B	41,0	10,0	0,0	23,0	0,0	16,0	3,0	1,0	2,0	0,0	2,0	0,0	2,0
38.	08SM32A	33,0	6,0	1,0	30,0	0,0	18,0	4,0	0,0	2,0	2,0	2,0	0,0	2,0

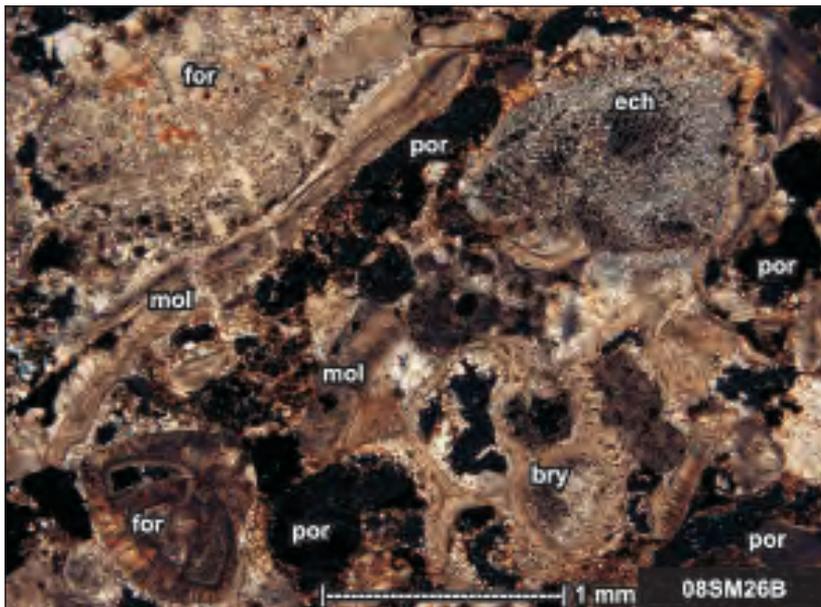
Sumber: Maryanto (2009a & 2012a)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tabel 7.13 Rerata Komponen Batugamping Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo, Kokap, Kulonprogo Berdasarkan Hasil Uji Petrografi

KOMPONEN	N	Rerata	Minimal	Maksimal	Kesalahan
Ganggang	38	5,71	2,00	12,00	2,43
Bryozoa	38	5,78	0,00	12,00	3,28
Echinodermata	38	0,98	0,00	3,00	0,70
Koral	38	1,57	0,00	8,00	1,85
Foraminifera Bentonik	38	12,63	6,00	24,00	4,22
Foraminifera Planktonik	38	0,96	0,00	6,00	1,38
Brachiopoda	38	0,76	0,00	3,00	0,66
Moluska	38	15,97	8,00	24,00	3,49
Fosil Lain	38	4,28	0,00	14,00	2,57
Intraklastika	38	6,07	1,00	16,00	3,33
Pelet	38	1,43	0,00	7,00	1,42
Material Terigen	38	8,96	0,00	30,00	6,91
Orthosparit	38	21,39	14,00	33,00	4,69
Oksida Besi	38	2,40	1,00	5,00	0,89
Silika	38	0,07	0,00	1,00	0,27
Lempung authigenik	38	1,00	0,00	4,00	1,03
Pseudosparit	38	2,18	0,00	9,00	1,90
Lumpur Authigenik	38	2,07	0,00	6,00	1,23
Dolomit	38	0,07	0,00	2,00	0,35

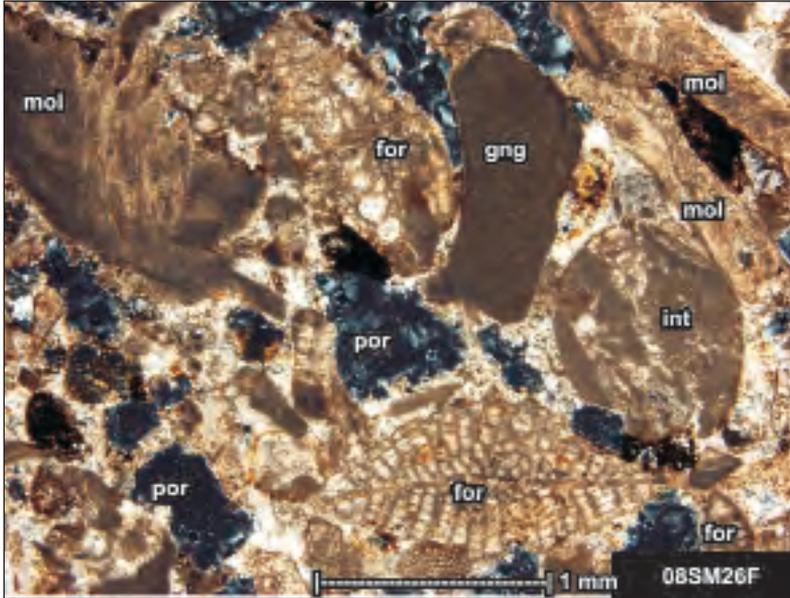
Sumber: Maryanto (2009a & 2012a)



Sumber: Maryanto (2009a)

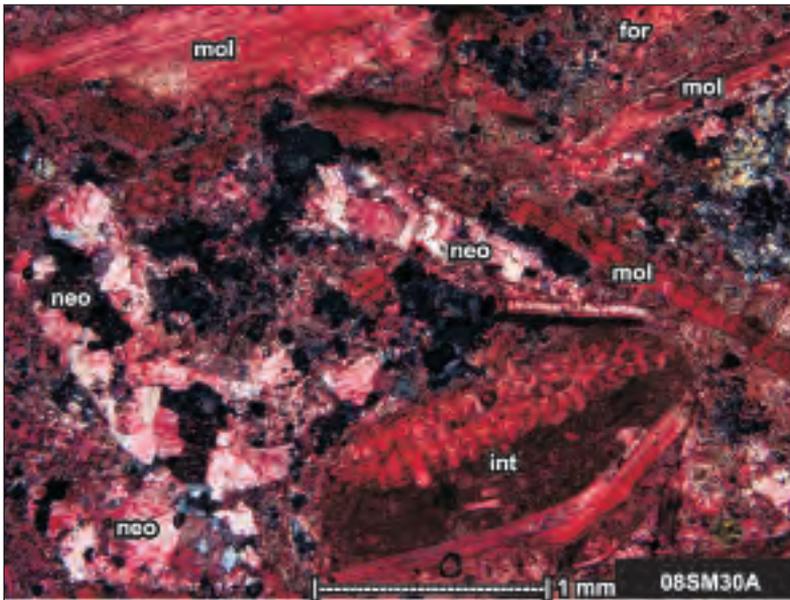
Gambar 7.127 Batugamping *grainstone* pada Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo yang memperlihatkan butiran karbonat terpilah sedang hingga bagus. Kedudukan lensa nikol bersilang, tanpa penodaan kimia.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2009a)

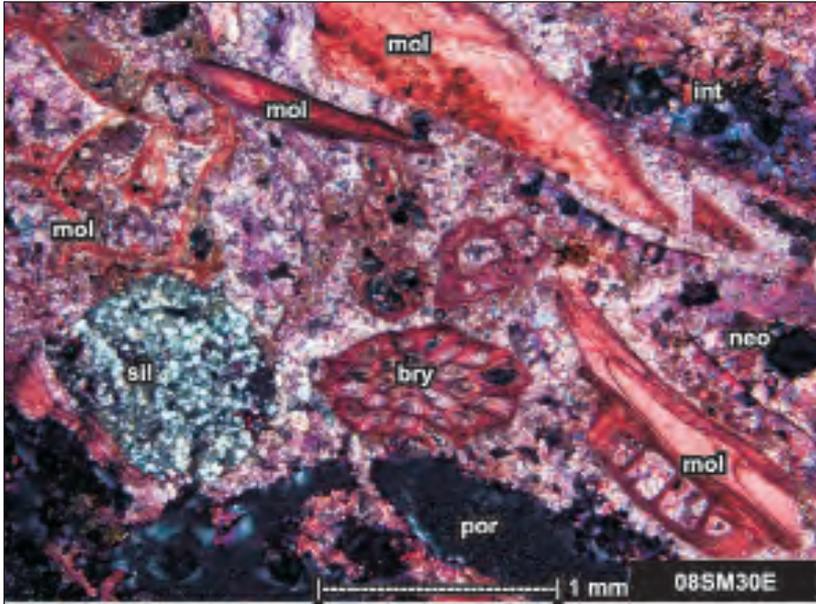
Gambar 7.128 Batugamping *grainstone* pada Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo yang memperlihatkan pencucian butiran karbonat yang cukup baik. Kedudukan lensa nikol sejajar, tanpa penodaan kimia.



Sumber: Maryanto (2009a)

Gambar 7.129 Batugamping *grainstone* pada Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo yang memperlihatkan butiran karbonat dominan foraminifera benthik dan moluska. Kedudukan lensa nikol bersilang, dengan penodaan kimia.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

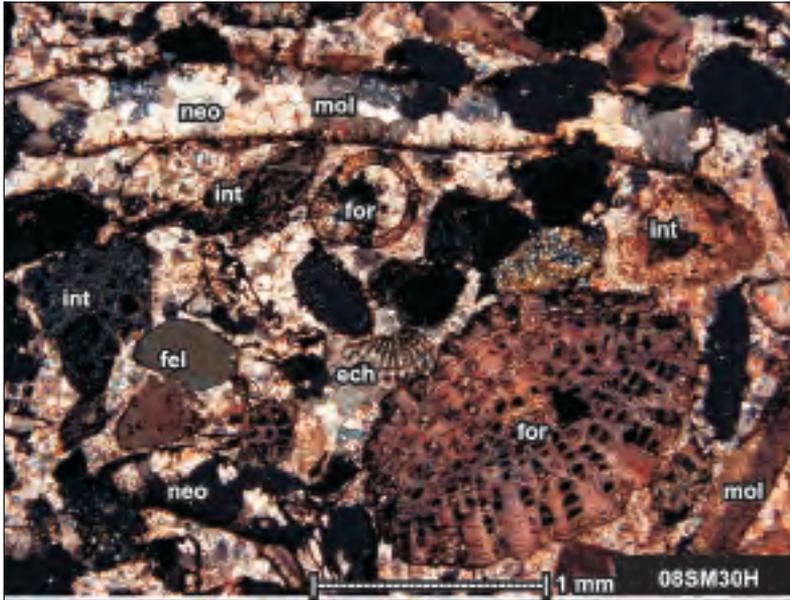


Sumber: Maryanto (2009a)

Gambar 7.130 Batugamping *grainstone* pada Formasi Sentolo di Lintasan Hargo-rejo yang memperlihatkan butiran karbonat diikat sempurna oleh orthosparit. Kedudukan lensa nikol bersilang, dengan penodaan kimia.

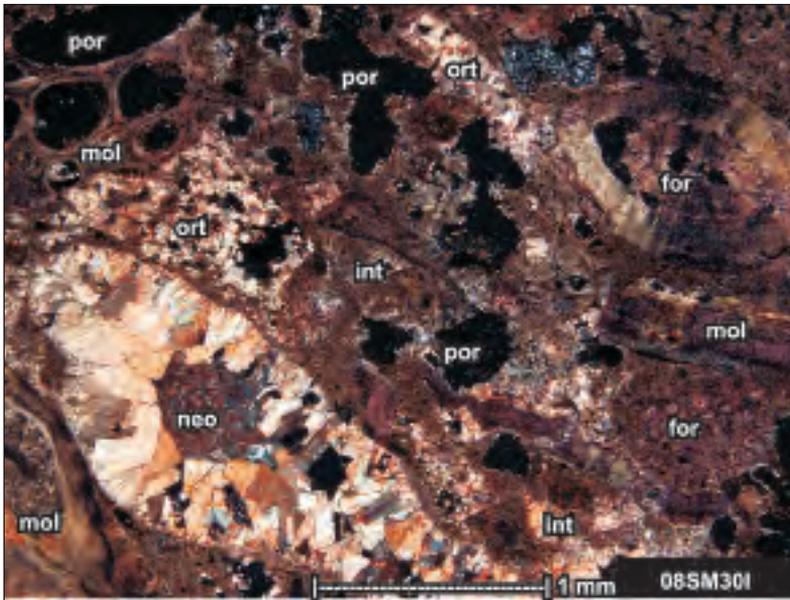
Rekaman proses diagenesis batugamping yang terutama adalah penyemenan. Semen orthosparit kalsit dari lingkungan meteorik freatik terawetkan paling banyak, sedangkan semen dari lingkungan laut dan lingkungan penimbunan pada umumnya telah rusak atau hilang. Rekaman proses penggantian terjadi pada beberapa fosil, khususnya moluska, larut dan rongganya terisi kembali oleh hablur kalsit meteorik freatik. Rekaman proses pemampatan dicirikan dengan adanya hubungan butir yang terpola panjang dan lengkung. Pelarutan akhir yang diikuti dengan pengisian rongga oleh oksida besi dan mineral lempung authigenik terjadi di lingkungan darat dan prosesnya masih berlangsung hingga sekarang.

Perkembangan keporian batuan pada batugamping yang diuji petrografi diawali dengan cukup banyaknya tipe keporian antarpartikel. Hal ini diidentifikasi dengan terbatasnya semen karbonat yang berasal dari lingkungan laut, juga semen karbonat yang berasal dari lingkungan penimbunan. Tipe keporian antarpartikel sangat dominan, disertai oleh beberapa tipe keporian dalam partikel, fenestral, *shelter*. Tipe keporian cetakan dan gerowong pelarutan (*vug*) terjadi kemudian (Gambar 7.131), juga tipe keporian retakan yang berasal dari kekar gerus akibat tektonik. Beberapa jenis keporian tersebut telah tertutup kembali oleh penyemenan meteorik freatik (Gambar 7.132) dan diakhiri oleh penyemenan oksida besi dan mineral lempung authigenik.



Sumber: Maryanto (2009a)

Gambar 7.131 Batugamping *grainstone* pada Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo yang memperlihatkan beberapa penggantian dan pelarutan pada butiran karbonat. Kedudukan lensa nikol bersilang, tanpa penodaan kimia.



Sumber: Maryanto (2009a)

Gambar 7.132 Batugamping *grainstone* pada Formasi Sentolo di Lintasan Hargorejo yang memperlihatkan butiran karbonat dominan foraminifera bentonik (*for*) dan moluska (*mol*) dengan cetakan pelarutan yang terisi oleh orthosparit (*neo*). Kedudukan lensa nikol bersilang, tanpa penodaan kimia.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Berdasarkan ciri-ciri petrografi yang diperlihatkan oleh batugamping tersebut, diidentifikasi mikrofasies batuan berdasarkan pada penggolongan standar mikrofasies menurut Flugel (1982), yang merupakan pengembangan dari penggolongan sabuk fasies menurut Wilson (1975). Terdapat satu standar mikrofasies yang terutama pada batugamping yang diuji petrografi, yaitu SMF11- FZ6, atau lebih dikenal sebagai fasies pengendapan paparan tertampi (*winnowed platform*) dengan kedudukan di atas dasar gelombang (Maryanto, 2009, 2012). Mikrofasies lainnya tidak dijumpai pada runtunan batugamping Formasi Sentolo yang diuji petrografi. Mikrofasies pengendapan pasiran tepi paparan tertampi ini didasarkan atas kenampakan bahwa batuan bebas matriks lumpur karbonat, butiran karbonat yang sangat dikuasai oleh bioklastika fosil beragam telah terabrasi dan tercuci dengan baik dan beberapa pinggiran butiran karbonat mengalami pemikritan. Batugamping Formasi Sentolo yang terendapkan pada fasies pengendapan paparan tertampi ini tentunya mempunyai karakter khusus dalam hal persentase komponen penyusun batuan. Uji statistika dilakukan untuk mengetahui karakter-karakter tersebut.

c. Mikrofasies

Hasil pengujian petrografi untuk penentuan mikrofasies batugamping memperlihatkan adanya kesamaan karakter batugamping yang diendapkan di fasies pengendapan paparan tertampi (SMF11-FZ6). Kesamaan ini juga tecermin pada jumlah komponen yang ada, yang tidak memperlihatkan perbedaan mencolok. Dalam pada ini, sesuai dengan keadaan lingkungan pengendapan lokal pada saat itu, butiran karbonat fosil yang menguasai batuan adalah moluska 15,9%, foraminifera bentonik 12,6%, dan ganggang 5,7%, sedangkan fosil lainnya berjumlah terbatas (Tabel 7.12). Satu hal yang menarik bahwa antar-komponen penyusun batugamping di lintasan penelitian yang diendapkan di fasies pengendapan pasiran tepi paparan tertampi ini tidak berhubungan yang erat. Kenyataan ini mengidentifikasi bahwa *grainstone* di lingkungan pengendapan atau mikrofasies tersebut tidak bergantung pada sumber material karbonat pembentuk terumbu, tetapi proses abrasi dan pencucian butiran karbonat menjadi faktor penentu yang paling dominan di dalam proses pengendapan. Langkanya kepingan batugamping terumbu mencerminkan bahwa perkembangan terumbu pada saat itu tidak dekat dengan lintasan penelitian dan walaupun ada, hanya berupa terumbu kecil dan lokal (*patch-reef*). Sekali waktu lingkungan pengendapan pasiran tepi paparan tertampi berkembang menjadi cekungan laut terbuka belakang terumbu atau dangkalan laguna, dicirikan dengan keberadaan batugamping bioklastika *wackestone* yang berkandungan fosil foraminifera kecil planktonik cukup banyak.

Batugamping bioklastika penyusun Formasi Sentolo menindih secara tak selaras batuan gunungapi Formasi Kebobutak dan langsung tertindih secara tak selaras oleh aluvium (Rahardjo, 1995, Karnawati dkk., 2006). Tidak adanya formasi batuan lain yang menindih Formasi Sentolo sebelum tertindih aluvium ini mengakibatkan pelacakan dinamika cekungan pengendapan menjadi lebih sulit karena ketiadaan data stratigrafi secara regional. Satu hal pasti, batugamping tersebut masih bersifat pasiran dengan kepingan batuan gunungapi cukup banyak. Hal ini menunjukkan bahwa fase pengendapan batugamping Formasi Sentolo masih sangat terpengaruh oleh batuan alas gunungapi Formasi Kebobutak. Pengaruh gunungapi ini semakin mengecil ke arah atas yang diketahui dari nilai kerentanan magnet batuan yang semakin mengecil (Yurnaldi dkk., 2008). Pengaruh batuan alas gunungapi tersebut sangat mungkin mengingat lingkungan pengendapan batugamping Formasi Sentolo yang sangat dekat dengan pantai dengan pengaruh darat cukup besar.

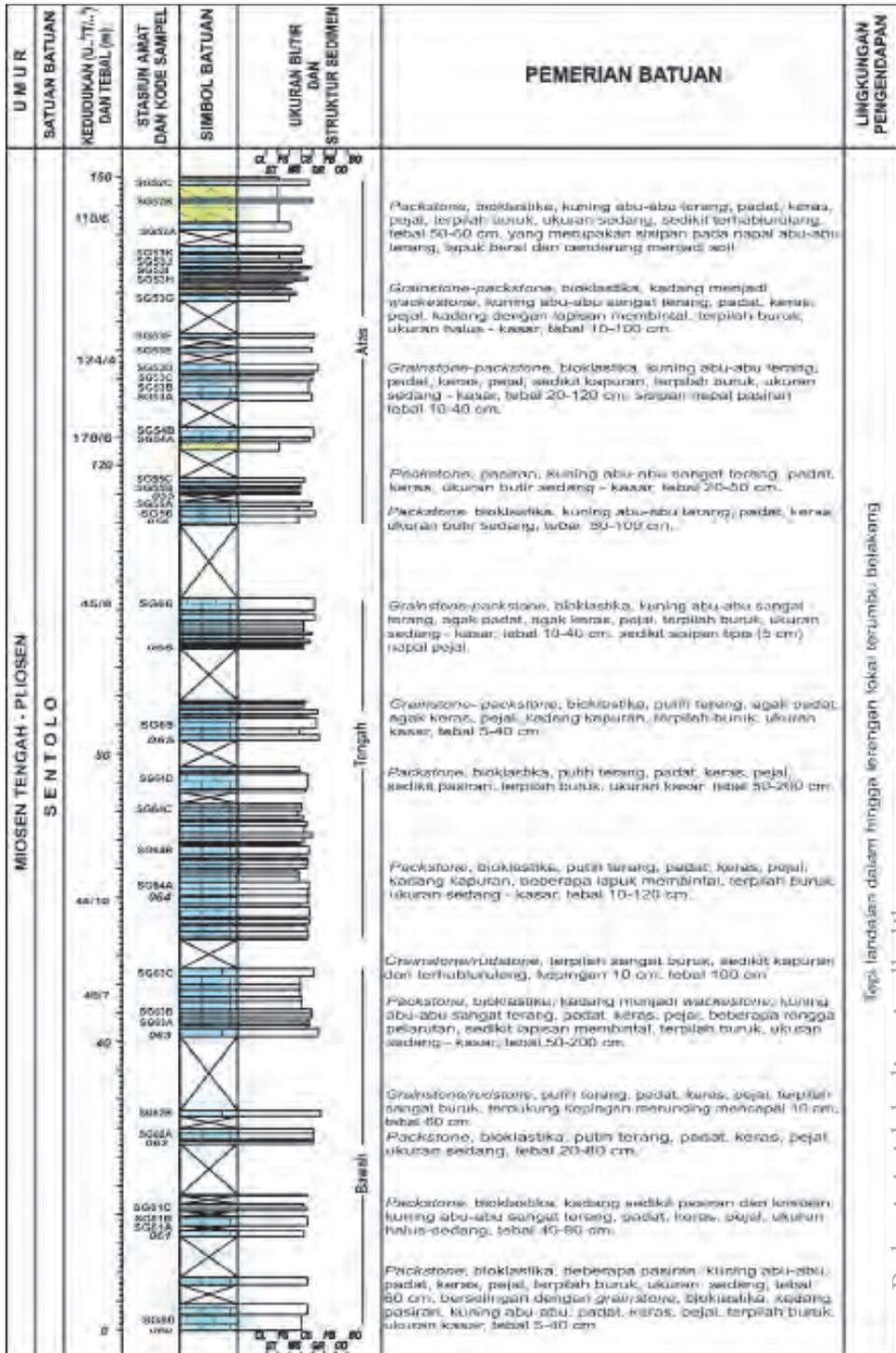
Secara regional dikatakan bahwa fase pengendapan batugamping Formasi Sentolo adalah susut laut. Dalam pada ini, keadaan susut laut tersebut tidak tecermin pada runtunan stratigrafi batugamping Formasi Sentolo di lintasan penelitian. Proses naik dan turunnya muka air laut pada saat pengendapan batugamping Formasi Sentolo menyebabkan perulangan lapisan yang membentuk lapisan cukup baik. Keporisan antarpartikel secara umum masih kosong pada fase naik-turunnya muka air laut ini dan mulai terisi pada saat batuan mulai terangkat, yaitu di lingkungan meteorik freatik. Kenampakan lapisan yang baik ini berlangsung menerus hingga bagian teratas formasi.

3. LINTASAN PENGASIH

a. Runtunan Stratigrafi

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, secara umum dapat diketahui bahwa batugamping Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih terdiri atas batugamping bioklastika berlapis dengan ketebalan total mencapai 160 m (Maryanto dkk., 2008; Gambar 7.133). Beberapa sisipan napal dan napal pasiran masih dapat dijumpai di dalam runtunan formasi ini.

Menurut Maryanto (2015b), runtunan stratigrafi bagian bawah Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih berupa batugamping bioklastika sedang *packstone* yang beberapa masih bersifat pasiran, terpilah buruk, tebal lapisan 60 cm, berselingan dengan *grainstone*, yang kadang juga masih pasiran, terpilah buruk, ukuran kasar, tebal 5–40 cm. Pada perkembangannya, *packstone* ini kadang-kadang bertekstur kristalin, berukuran butir halus-sedang, dan tebal 40–80 cm.



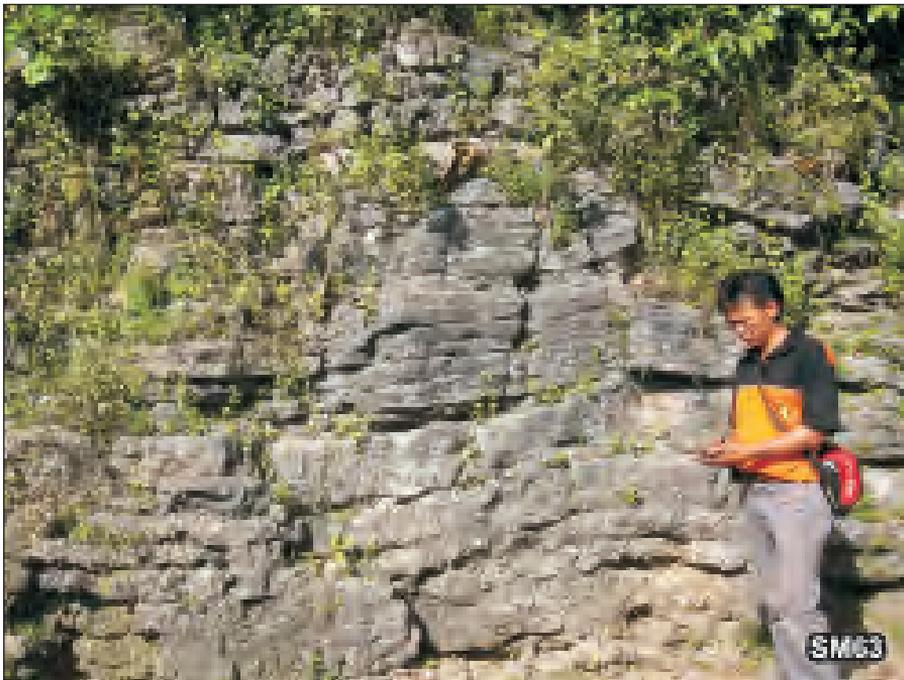
Sumber: Maryanto (2009a)

Gambar 7.133 Kolom Stratigrafi Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih, Kulonprogo

Semakin ke bagian atas, *packstone* tersebut di beberapa bagian memperlihatkan perlapisan membintal dan beberapa rongga pelarutan. Di beberapa bagian, batuan berkembang menghalus membentuk *wackestone* yang berselingan dengan *packstone* (Gambar 7.134). Beberapa sisipan batugamping klastika kasar hingga sangat kasar *grainstone/rudstone* yang kadang kapuran dan terhablur ulang, terpilah sangat buruk, terdukung kepingan meruncing mencapai 10 cm, tebal lapisan 60–100 cm.

Bagian tengah Formasi Sentolo di lintasan ini masih dikuasai oleh batugamping bioklastika sedang hingga kasar *packstone* yang kadang kapuran, beberapa lapuk membintal, terpilah buruk, dan berketebalan lapisan 10–200 cm. *Packstone* ini sering kali mengasar dan bebas matriks sehingga batumannya merupakan perselingan *packstone-grainstone*. Di bagian atas, *packstone* yang dijumpai terlihat terpilah buruk, ukuran sedang-kasar, tebal berkisar 10–40 cm yang membentuk perlapisan baik (Gambar 7.135), dan dengan sedikit sisipan tipis (sekitar 5 cm) napal pejal.

Runtunan stratigrafi bagian atas Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih diawali oleh keberadaan batugamping bioklastika sedang hingga kasar *packstone* pasiran



Sumber: Maryanto (2015b)

Gambar 7.134 *Packstone* yang membentuk perlapisan baik dan kadang-kadang berkembang menjadi *wackestone*, menyusun bagian bawah Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih. Difoto di lokasi SM63 (lihat Gambar 7.124).

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2015b)

Gambar 7.135 Singkapan *grainstone-packstone* berlapis baik dengan sisipan tipis napal pejal, menyusun bagian tengah Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih. Difoto di lokasi SM66 (lihat Gambar 7.124).



Sumber: Maryanto (2015b)

Gambar 7.136 *Packstone* pasiran yang berlapis buruk dan berukuran butir sedang-kasar, menyusun bagian atas Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih. Difoto di lokasi SM55 (lihat Gambar 7.124).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dengan tebal lapisan berkisar 20–50 cm (Gambar 7.136). Selanjutnya, batuan berkembang menjadi batugamping bioklastika sedang *packstone* yang terpilah buruk, sedikit terhablur ulang, dan tebal lapisan berkisar 50–60 cm. Batugamping ini merupakan sisipan pada napal pejal yang lapuk berat dan cenderung menjadi *soil*.

Pada perkembangannya, batuan menjadi *grainstone-packstone* dengan beberapa lapisan membintal, terpilah buruk, ukuran butir halus-kasar, dan tebal lapisan berkisar 10–100 cm (Gambar 7.137). Beberapa sisipan (5–40 cm) napal pejal masih dijumpai.



Sumber: Maryanto (2015b)

Gambar 7.137 *Grainstone-packstone* berlapis sedang yang berselingan dengan napal pejal, menyusun bagian atas Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih. Difoto di lokasi SM53 (lihat Gambar 7.124).

b. Petrografi

Sejumlah 33 sampel batugamping penyusun Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih telah diambil secara berurutan dari bagian terbawah runtunan stratigrafi untuk diuji petrografi. Berdasarkan hasil uji petrografi rinci yang telah dilakukan (Tabel 1.14), batugamping yang ada di lintasan tersebut terdiri atas *packstone* foraminifera planktonik, *packstone* foraminifera bentonik-moluska-ganggang, dan *grainstone* foraminifera bentonik-moluska-ganggang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tabel 7.14 Ringkasan Analisis Petrografi Batugamping Formasi Sentolo di Lintasan Pengasih, Kulonprogo

PEMERIAN	KETERANGAN																																			
	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG												
Struktur	60A	61A	61B	61C	62A	62B	63A	63B	63C	64A	64B	64C	64D	65	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66												
Tekstur	ef	bf																																		
Pemilahan	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p												
Kernis	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c												
Bentuk Butir	1.40	0.60	0.80	1.20	1.40	0.80	1.40	1.60	1.20	0.60	1.80	1.20	1.20	1.00	0.5	0.60	0.80	1.20	0.60	1.60	1.00	1.10	1.30	1.60												
Hubungan Butir	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl	pl												
% komposisi	53	61	58	57	46	56	56	55	33	61	55	52	49	49	67	75	54	44	50	60	58	68	68	66												
Butiran Karbonat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Bioklas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Intraklas (terstraklas)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Oolit/ocelli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Pelelehan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Butiran Terapan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Kursus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Feluspar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Kepingan batuan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Butiran lain	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Marnis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Lumpur karbonat	12	16	18	14	20	16	21	10	12	16	22	14	16	16	-	10	12	18	22	12	-	-	-	18												
Mineral lempung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
Penyemen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
Ortophanti	2	3	2	6	4	6	4	3	3	3	4	4	5	5	20	19	12	6	8	2	2	8	18	16	14	12	18	6	22	2	8	4	3			
Oksida besi	0.5	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	-	-	0.5	0.5	0.5	-	4	0.5	2	1	2	1	0.5	0.5	-	1	1	0.5	1			
Lempung authigenik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Setera lain	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Acanthofane	6	10	4	8	12	7	6	12	4	2	6	4	7	7	-	14	16	14	2	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mikrosparti	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	2	-	1	2	2	4	1	2	1	2	1	2	1	3	2	-	-		
Pseudosparti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Lumpur mikrosisi	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Keponan	1	2	0.5	2	2	1	1	3	-	1	2	1	2	2	3	1	0.5	0.5	1	1	2	0.5	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
Anat-dahan partikel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Primer yang lain	2	2	1.5	5	4	2.5	1	3	1	1	2	3	2	2	3	1	4	3.5	2	7	3	2.5	2	2	6	3	7	8	7	3	5	3	5	-	-	
Geowong	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Schander yang lain	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nama Butiran	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
SMF / FZ	5.4	4.3	4.4	4.3	5.4	5.4	5.4	4.3	5.4	10.7	5.4	5.4	5.4	5.4	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
Jenis Bioklas	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f
Stratigrafi	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Sumber: Maryanto (2015b)

Packstone foraminifera planktonik

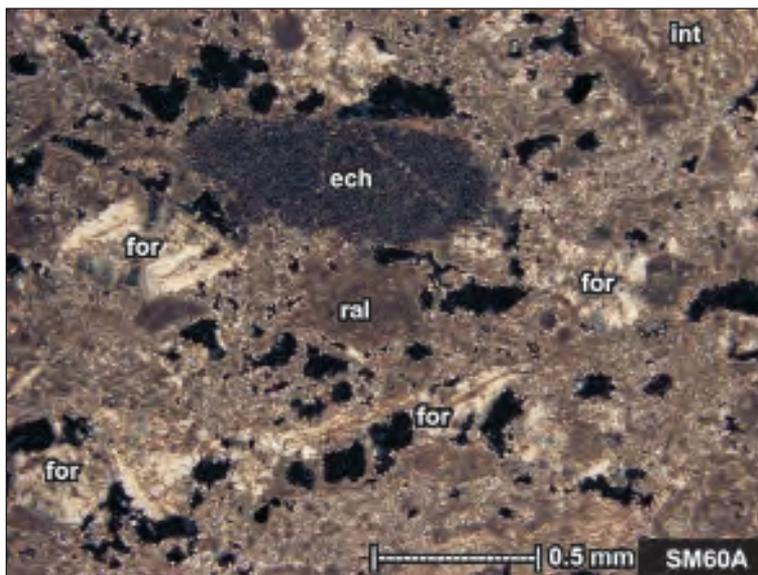
Fasies *packstone* foraminifera planktonik mengawali runtunan batuan di Lintasan Pengasih ini. Batuan pada umumnya pejal dengan tekstur bioklastika fragmental sedang hingga kasar. Butiran karbonat sudah tercuci dan terabrasi cukup baik, dengan seleksi butiran sudah berjalan meskipun masih terpilah buruk. Bioklas selalu hadir dan dikuasai oleh foraminifera planktonik serta sangat jarang foraminifera bentonik dan fosil lain. Intraklas dan pelet hadir terbatas tidak merata. Butiran terigen masih hadir terbatas berupa kuarsa. Matriks lumpur karbonat sering kali tergantikan menjadi mikrosparit, bahkan terhablur ulang membentuk pseudosparit bersama-sama dengan butiran karbonat. Penyemen hadir dengan jumlah sangat terbatas, terutama adalah orthosparit dan sangat jarang oksida besi. Material neomorfisme berupa mikrosparit, pseudosparit, dan lumpur pemikritan beberapa fosil.

Fasies *packstone* foraminifera planktonik masih dapat dijumpai di bagian tengah sebagai sisipan, dan mengawali bagian atas runtunan stratigrafi di Lintasan Pengasih ini.

Packstone foraminifera bentonik-moluska-ganggang

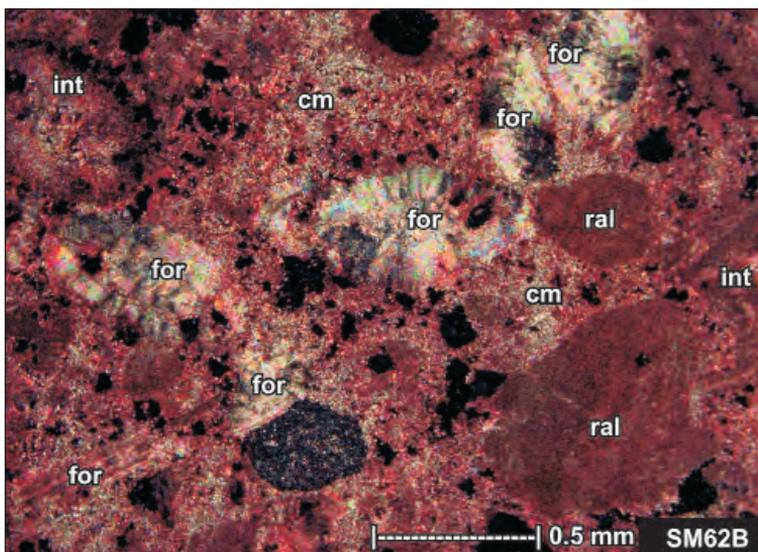
Di atas fasies *packstone* foraminifera planktonik, yang secara stratigrafi masih merupakan bagian bawah batugamping Formasi Sentolo, terendapkan fasies *packstone* foraminifera bentonik-moluska-ganggang. Batuan pada umumnya pejal dengan tekstur bioklastika fragmental kasar hingga sangat kasar dengan pemilahan buruk hingga sangat buruk. Butiran karbonat sudah tercuci dan terabrasi sebagian dengan seleksi butiran sudah berjalan. Bioklas selalu hadir dan terdiri atas fosil beragam jenis, ukuran, dan jumlah (Gambar 7.138), tetapi masih dikuasai foraminifera bentonik, moluska, dan ganggang merah. Intraklas atau ekstraklas berjumlah semakin banyak, berupa kepingan batugamping terumbu koral-ganggang-bryozoa dengan ukuran yang cukup besar dan berbentuk meruncing, batugamping bioklastika, dan batugamping lumpuran (Gambar 7.139). Butiran yang lain adalah pelet dan mineral opak. Matriks lumpur karbonat sering kali tergantikan menjadi mikrosparit. Penyemen hadir berupa orthosparit dan sangat jarang oksida besi. Material neomorfisme berupa mikrosparit, pseudosparit, dan lumpur pemikritan beberapa fosil.

Fasies *packstone* foraminifera bentonik-moluska-ganggang ini masih terus dijumpai pada bagian tengah runtunan stratigrafi. Batuan pada umumnya pejal dengan tekstur bioklastika fragmental kasar hingga sangat kasar dengan pemilahan buruk hingga sangat buruk (Gambar 7.140). Di bagian atas runtunan, butiran karbonat sudah tercuci dan terabrasi dengan baik.



Sumber: Maryanto (2015b)

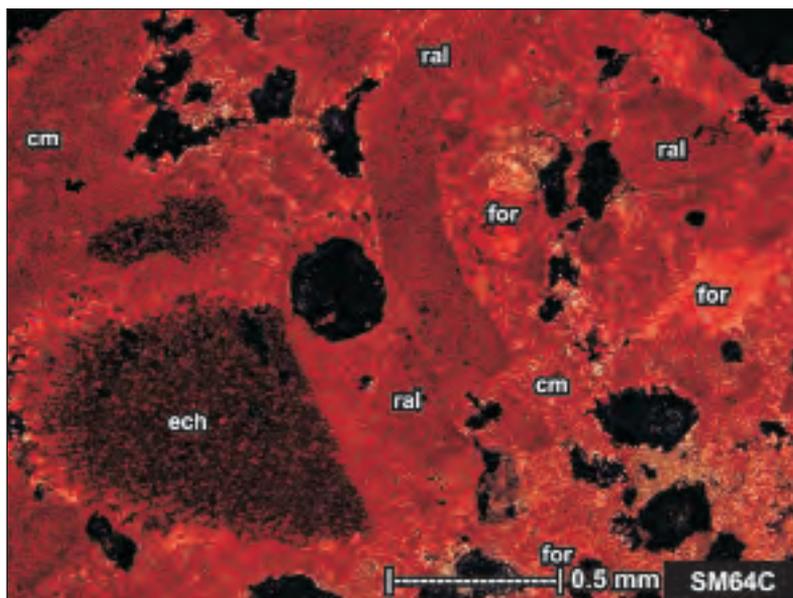
Gambar 7.138 Packstone dengan beberapa bioklas beragam meskipun masih dikuasai oleh foraminifera (for), sedikit echinodermata (ech), ganggang merah (ral), diikuti beberapa intraklas (int), tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cm) sebagian tergantikan. Batuan ini menyusun bagian bawah Formasi Sentolo. Kode sampel SG60A, lihat Gambar 7.133, kedudukan lensa nikol bersilang.



Sumber: Maryanto (2015b)

Gambar 7.139 Packstone dengan bioklas dikuasai oleh foraminifera bentonik (for) dan ganggang merah (ral), diikuti intraklas (int) yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cm). Batuan ini menyusun bagian bawah Formasi Sentolo. Kode sampel SG62B, lihat Gambar 7.133, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

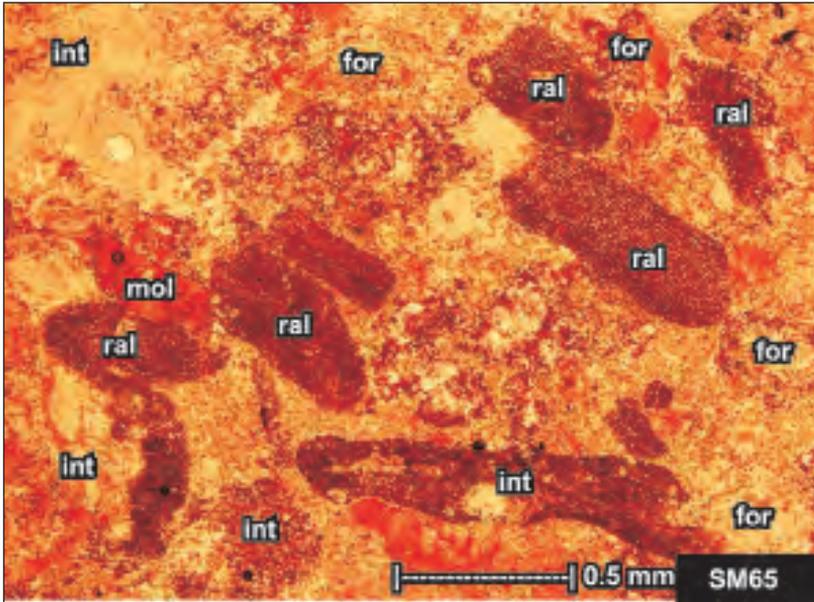


Sumber: Maryanto (2015b)

Gambar 7.140 Packstone dengan bioklas foraminifera (for), moluska (mol), ganggang merah (ral), dan echinodermata (ech) yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cm). Batuan ini menyusun bagian tengah Formasi Sentolo. Kode sampel SG64C, lihat Gambar 7.133, kedudukan lensa nikol bersilang.

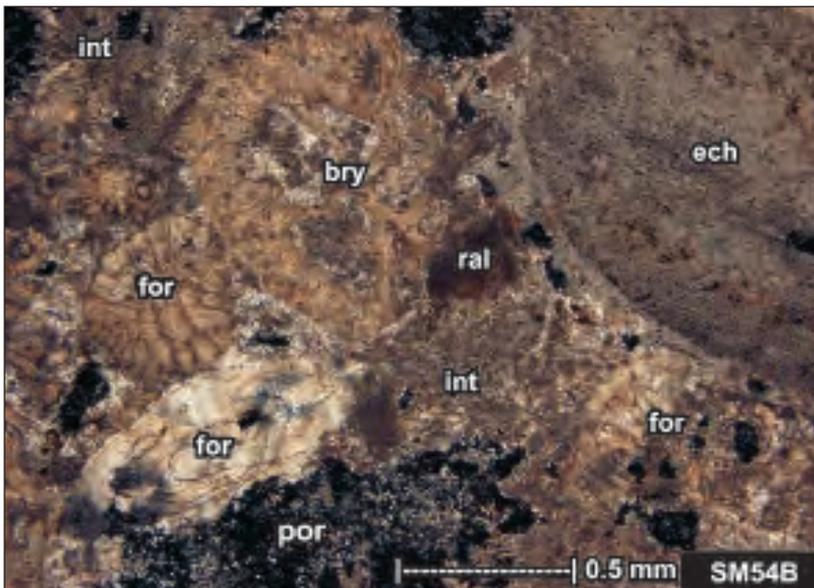
Grainstone foraminifera bentonik-moluska-ganggang

Fasies *grainstone* foraminifera bentonik-moluska-ganggang mengakhiri bagian tengah runtunan batuan. Batuan bebas matriks dengan butiran karbonat sudah tercuci dan terabrasi dengan baik (Gambar 7.141). Bioklas hadir dominan (Gambar 7.142), yang dikuasai oleh fosil foraminifera bentonik, moluska, ganggang merah, dan sedikit fosil yang lain. Intraklas hadir jarang, berupa kepingan batugamping terumbu dan batugamping bioklastika. Butiran karbonat yang lain adalah pelet. Penyemen dengan jumlah cukup berarti, terutama adalah orthosparit dan sangat jarang oksida besi. Semen karbonat orthosparit terlihat berstruktur isopachus dan diikuti mosaik drus hingga *equant* yang berukuran sangat halus hingga sedang, dan dijumpai cukup merata di antara butiran karbonat (Gambar 7.143). Fasies *grainstone* foraminifera bentonik-moluska-ganggang ini masih terus dijumpai hingga mengakhiri bagian tengah runtunan batuan. Di bagian atas runtunan batuan, fasies *grainstone* foraminifera bentonik-moluska-ganggang tersebut masih berkembang dengan baik sebelum diakhiri oleh *packstone* foraminifera planktonik kembali.



Sumber: Maryanto (2015b)

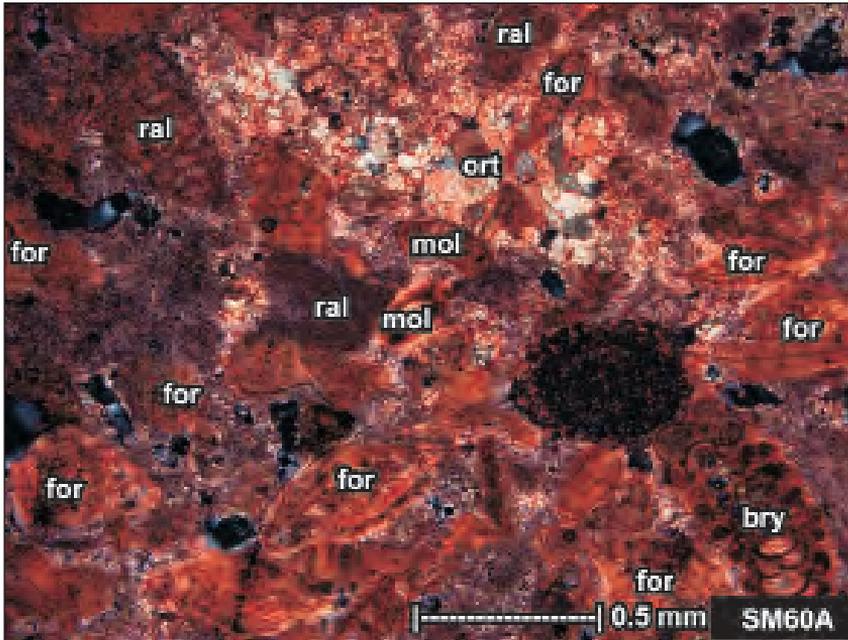
Gambar 7.141 *Grainstone* dengan pencucian fosil yang sudah cukup baik. Tampak bioklas foraminifera (for), ganggang merah (ral), sedikit moluska (mol), dan intraklas (int) yang diikat oleh orthosparit kalsit sangat halus hingga halus. Batuan ini menyusun bagian tengah Formasi Sentolo. Kode sampel SG65, lihat Gambar 7.133, kedudukan lensa nikol sejajar.



Sumber: Maryanto (2015b)

Gambar 7.142. *Grainstone* yang terpilah buruk dan bebas matriks lumpur karbonat. Tampak bioklas foraminifera (for), bryozoa (bry), ganggang merah (ral), echinodermata (ech), dan intraklas (int). Batuan ini menyusun bagian atas Formasi Sentolo. Kode sampel SG54B, lihat Gambar 7.133, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2015b)

Gambar 7.143 Grainstone dengan beberapa bioklas foraminifera bentonik (for), moluska (mol), ganggang merah (ral), sedikit bryozoa (bry), diikat oleh semen karbonat orthosparit kalsit isopachus hingga mosaik drus (ort). Batuan ini menyusun bagian atas Formasi Sentolo. Kode sampel SG53D, lihat Gambar 7.133, kedudukan lensa nikol bersilang.

c. Mikrofasesias

Packstone foraminifera planktonik mengawali runtunan batuan di Lintasan Pengasih ini. Bioklas foraminifera planktonik dan sedikit bentonik yang berukuran butir halus mencirikan lingkungan tepi landaian dalam (*deeper shelf margin*; SMF4-FZ3). Kadang-kadang komponen intraklas bertambah banyak dan ukurannya lebih kasar. Di lapangan batuanannya adalah *rudstone* dengan komponen intraklas yang cukup banyak. Kenampakan ini mencirikan lingkungan pengendapannya adalah runtunan lereng depan (*fore slope talus*; SMF4-FZ4).

Selanjutnya, lingkungan lebih banyak menjadi lingkungan sayap terumbu (*reef flank facies*; SMF5-FZ4) yang mengendapkan fasies *packstone* foraminifera bentonik-moluska-ganggang. Batuan dicirikan dengan semakin banyaknya komponen intraklas yang berupa kepingan batugamping terumbu koral-ganggang-bryozoa, batugamping bioklastika, dan batugamping lumpuran, selain bioklas yang dikuasai oleh foraminifera bentonik, moluska, dan ganggang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Packstone foraminifera bentonik-moluska-ganggang sebagai penciri endapan sayap terumbu ini masih berlanjut hingga bagian tengah runtunan stratigrafi. Semakin ke atas, terlihat bahwa komponen butiran karbonat sudah tercuci dan terabrasi dengan baik. Bioklas terdiri atas fosil beragam, tetapi masih dikuasai oleh foraminifera bentonik, moluska, dan ganggang merah. Adanya abrasi dan pencucian bioklas yang cukup baik ini mencirikan bahwa lingkungan pengendapan batuan bergeser menjadi lerengan lokal terumbu belakang (*local slope on back reef*; SMF10-FZ7). Meskipun demikian, batuan yang terendapkan di lingkungan pengendapan sayap terumbu masih menguasai runtunan batuan. Mengakhiri bagian tengah runtunan batuan, batuan berkembang menjadi *grainstone* foraminifera bentonik-moluska-ganggang. Batuan bebas matriks dan terpilah sedang dengan proses pencucian dan abrasi berjalan dengan baik. Komponen butiran karbonat dikuasai oleh bioklas fosil foraminifera bentonik, moluska, dan ganggang merah. Kenampakan ini mencirikan lingkungan pengendapan tepi landaian atau lerengan pada paparan tertampi (*slopes and shelf edges on winnowed platform*; SMF12-FZ6)

Mengawali bagian atas runtunan stratigrafi, batuan dikuasai oleh *packstone* foraminifera planktonik. Bioklas foraminifera planktonik dan sangat jarang foraminifera bentonik yang berukuran butiran halus hingga sedang mencirikan lingkungan pengendapan tepi landaian dalam (*deeper shelf margin*; SMF4-FZ3). Perkembangan selanjutnya, batuan mengasar dan membentuk *grainstone* foraminifera bentonik-moluska-ganggang yang terendapkan di lingkungan tepi landaian atau lerengan pada paparan tertampi. Batuan ini berkembang cukup banyak di bagian atas runtunan batuan. Mengakhiri pengendapan batugamping di Lintasan Pengasih, batuan berkembang menjadi *packstone* foraminifera bentonik-moluska-ganggang. Runtunan batuan yang berlapis baik ini pada umumnya berbutir halus yang telah terseleksi ukurannya dan tersebar di dalam matriks lumpur karbonat. Dengan demikian, lingkungan bergeser kembali ke lerengan lokal terumbu belakang (*local slope on back reef*; SMF10-FZ7). Terakhir, batuan kembali berkembang menjadi batugamping *packstone* foraminifera planktonik yang terendapkan di lingkungan tepi landaian dalam.

E. FORMASI WONOSARI DI JAWA TIMUR

1. GAMBARAN UMUM

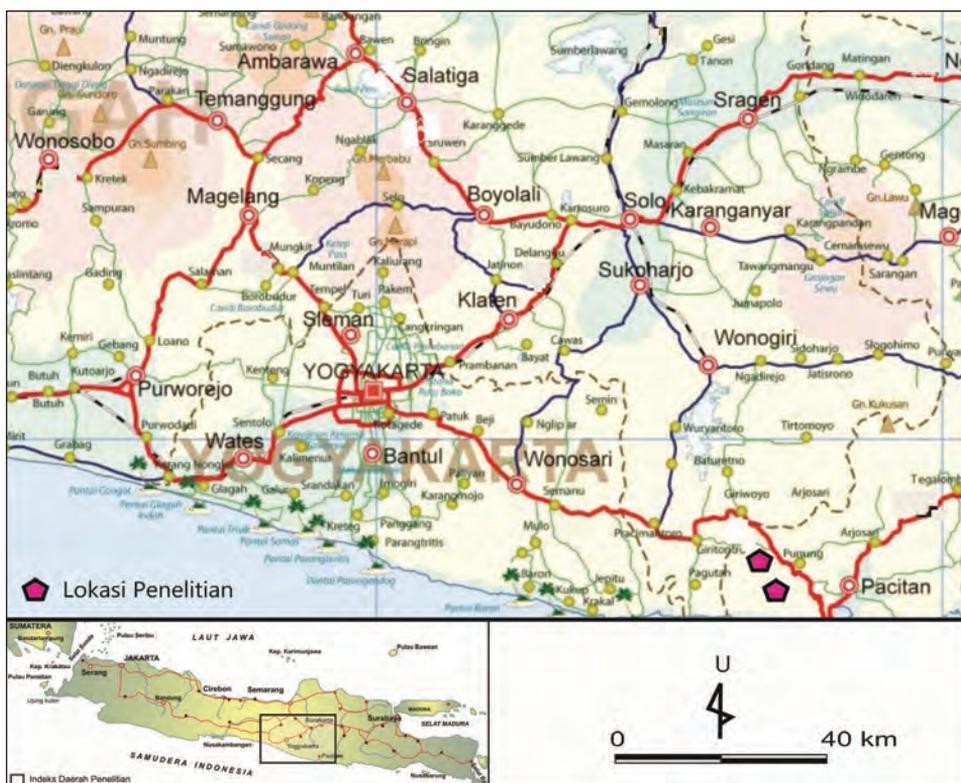
Penetapan Kawasan Gunungsewu sebagai kawasan *geopark* internasional pada saat ini sedang dalam proses pengajuan ke UNESCO. Dari sekian banyak *geosite* yang diusulkan di kawasan Gunungsewu, Ngrijang Sengon merupakan salah satu *geosite*

yang ditetapkan (Anonim, 2015). Pada awalnya, istilah *ngrijang* dipakai sebagai identifikasi batugamping yang tersilisifikasi sehingga menyerupai rijang. Di lokasi ini ditemukan sangat banyak artefak manusia purba, khususnya beliung (Ernawan, 2000), yang berbahan batugamping tersilisifikasi. Meskipun demikian, belum ada penelitian ilmiah mengenai batugamping tersilisifikasi ini. Padahal, penelitian ilmiah, khususnya aspek geologi, sangat diperlukan guna mendukung rencana pengusulan penetapan kawasan *geopark* internasional tersebut.

Gua Gong telah menjadi salah satu ikon wisata di Kabupaten Pacitan. Lebih dari 500 orang setiap hari mengunjungi tempat wisata ini. Meskipun demikian, informasi geologi yang terpasang di lokasi ini sangat terbatas. Belum ada penelitian ilmiah mengenai Gua Gong ini, khususnya penelitian geologi dalam hal mikrofases dan diagenesis batugamping. Padahal, penelitian ilmiah tentang segala aspek, khususnya aspek geologi, sangat diperlukan guna mendukung rencana pengusulan penetapan kawasan *geopark* internasional tersebut. Dengan demikian, aspek petrografi batugamping, secara khusus aspek mikrofases dan rekaman proses diagenesis pada batugamping Formasi Wonosari, merupakan topik penelitian yang cukup menarik.

Penelitian terkini oleh Maryanto dkk. (2014a) dan Maryanto (2015a) bertujuan untuk mengetahui karakter petrografi dalam kaitannya dengan perkembangan lingkungan pengendapan dan rekaman proses diagenesis pasca pengendapan pada batugamping penyusun Formasi Wonosari di lokasi penelitian. Objek penelitian dibatasi hanya pada batugamping penyusun Formasi Wonosari yang tersingkap di lokasi Gua Gong, Desa Bomo, Kecamatan Punung, dan lokasi Ngrijang Sengon, Desa Piton, Kecamatan Punung, Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur (Gambar 7.144). Lokasi penelitian ini dipilih karena tersingkap cukup baik batugamping penyusun Formasi Wonosari.

Keadaan geologi daerah bagian barat Pacitan telah dipetakan oleh Surono dkk. (1992) dan Samodra dkk. (1992). Kedua pemeta tersebut membahas tentang keterdapatan batugamping Formasi Wonosari (Gambar 7.145). Runtunan stratigrafi di daerah sekitar Pacitan dialasi oleh batuan terobosan andesit, berumur Oligo-Miosen. Seumur dengan batuan terobosan tersebut terendapkan batuan sedimen asal gunungapi yang menyusun Formasi Arjosari. Secara tak selaras di atas Formasi Arjosari pada Miosen Awal-Akhir, secara berurutan diendapkan beberapa satuan batuan sedimen klastika beberapa gampingan, meliputi Formasi Jaten, Formasi Wuni, Formasi Nampol, dan Formasi Oyo. Periode pengendapan berikutnya membentuk Formasi Wonosari yang berhubungan menjemari di atas Formasi Oyo. Formasi Wonosari yang berumur Mio-Pliosen terdiri atas

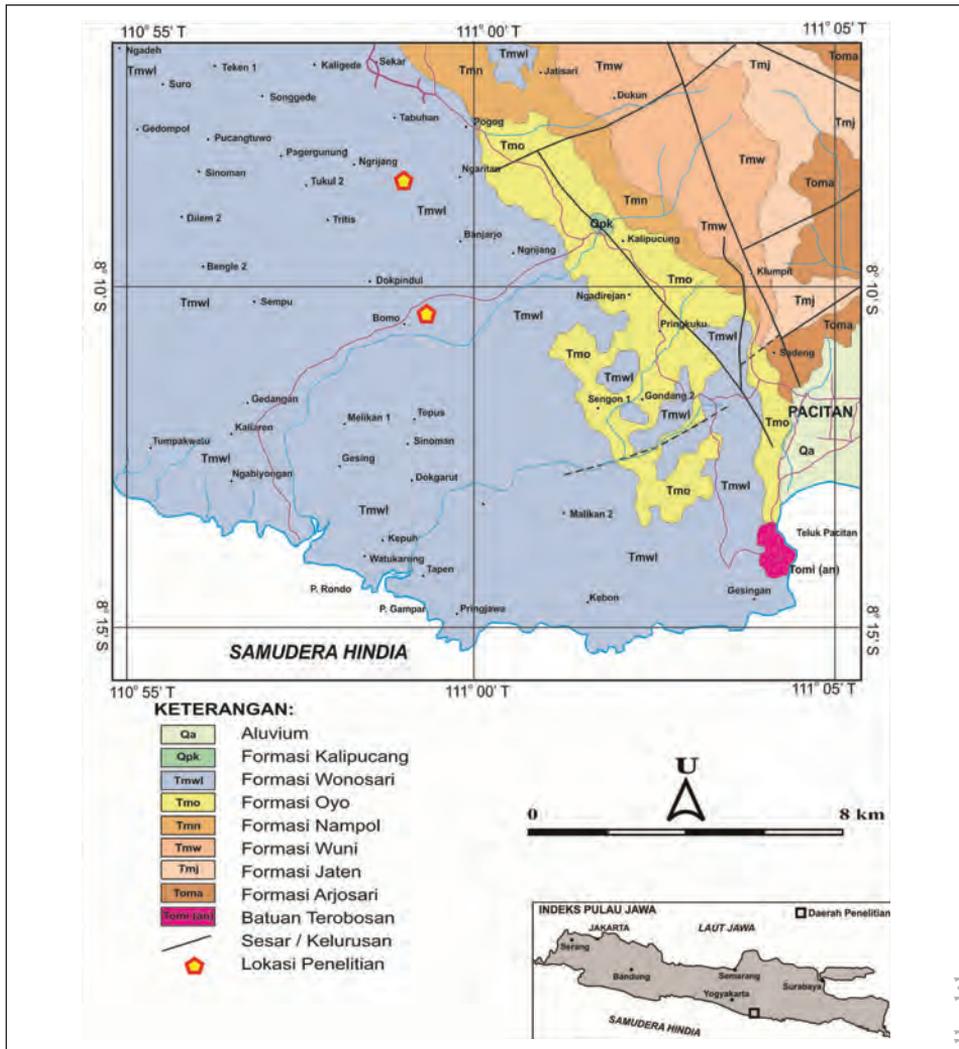


Gambar 7.144 Lokasi Gua Gong dan Ngrijang Sengon di Kabupaten Pacitan, Jawa Timur

batugamping terumbu, batugamping berlapis, batugamping berkepingan, batugamping pasir, dan napal. Penyebaran batugamping Formasi Wonosari ini cukup luas, mencakup tiga kabupaten, yaitu Wonosari, Wonogiri, dan Pacitan, membentuk morfologi kars yang dikenal sebagai Kawasan Kars Gunungsewu.

2. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pekerjaan lapangan dan analisis laboratorium. Pekerjaan di lapangan dilakukan dengan pengumpulan data geologi, khususnya data petrologi batugamping Formasi Wonosari yang tersingkap di lokasi Lintasan Gua Gong dan Lintasan Ngrijang Sengon. Sampel batuan dipilih secara terperinci dan berurutan sesuai dengan runtunan stratigrafi. Analisis petrografi batugamping dilakukan dengan penentuan jumlah dan jenis komponen batugamping dan dilanjutkan dengan identifikasi fasies pengendapan pada batugamping. Penggolongan jenis batugamping yang ada didasarkan kepada klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962) yang telah disempurnakan oleh Embry dan Klovan (1971). Analisis lingkungan pengendapan batugamping



Sumber: Samodra dkk. (1992) dan Surono dkk. (1997)

Gambar 7.145 Peta Geologi Daerah Sekitar Pacitan dan Lokasi Penelitian di Gua Gong dan Ngrijang Sengon

dikelompokkan berdasarkan pembagian standar mikrofaseis (selanjutnya disingkat SMF menurut Flugel, 1982, 2004) yang merupakan pengembangan dari sabuk fasies (selanjutnya disingkat FZ menurut Wilson, 1975). Identifikasi rekaman proses diagenesis dilakukan dengan mengacu beberapa ahli yang telah mengulas tentang diagenesis batugamping, seperti Bathurst (1975), Scholle (1978), Longman (1980), Flugel (1982), MacKenzie dkk. (1984), Read (1985), Tucker dan Wright (1990), James (1991), Adams dan MacKenzie (1998), Ulmer-Scholle dan Mosley (2000), Railsback (2002), serta Gregg (2005).

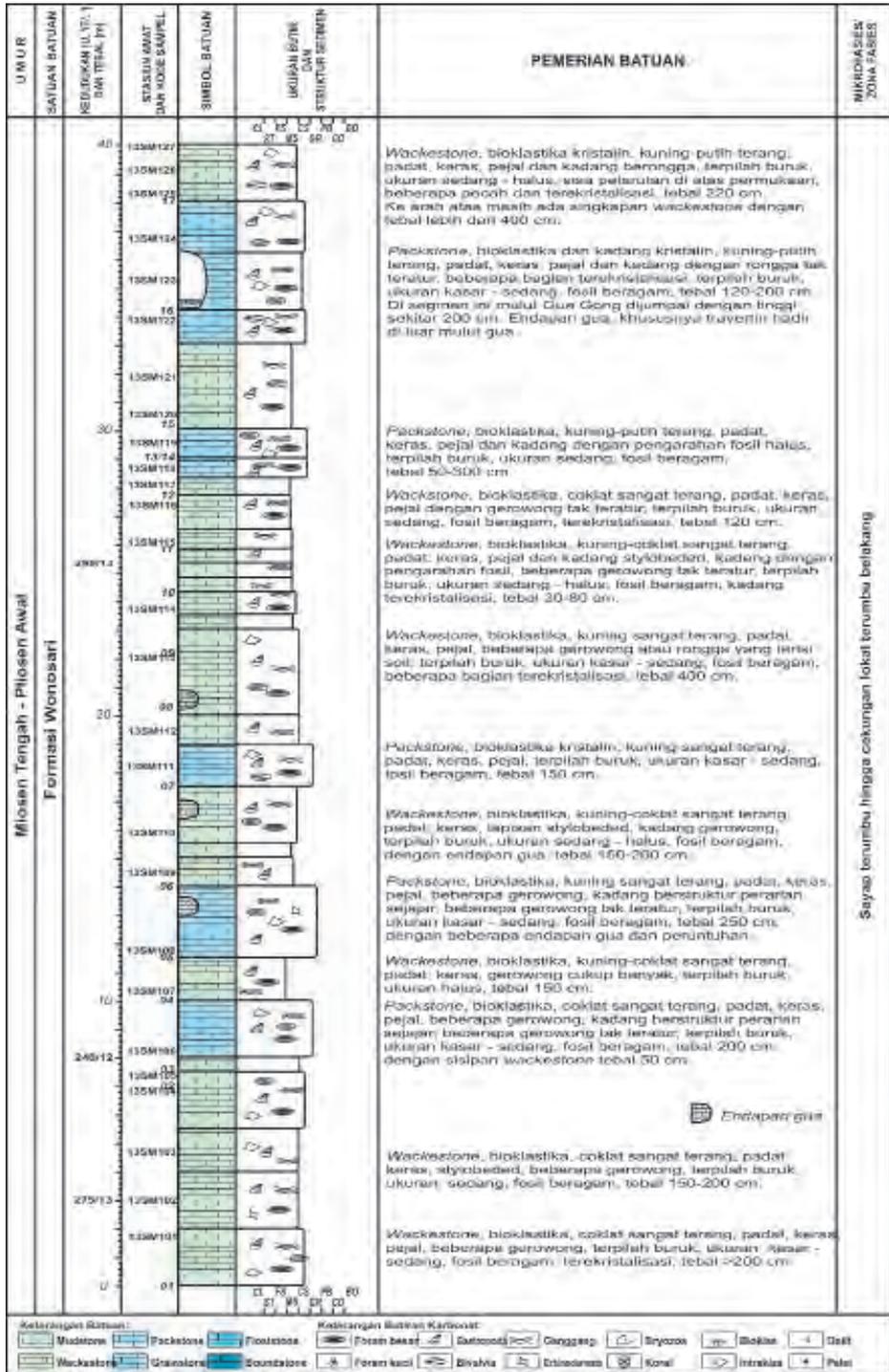
3. LINTASAN GUA GONG

a. Kenampakan Lapangan

Lintasan Gua Gong merupakan lintasan jalan yang memanjang berarah nisbi ke timur yang berlanjut ke utara sejauh sekitar 500 m, batuanya tersingkap menerus cukup banyak dan dalam kondisi segar (Gambar 7.146). Runtunan batuan yang dijumpai adalah batugamping Formasi Wonosari dengan perlapisan batuan secara umum miring landai (dip sekitar 13°) ke arah utara dan ketebalan total terukur mencapai 40 m (Gambar 7.147).

Runtunan batuan Formasi Wonosari di lintasan Gua Gong diawali dengan keberadaan *packstone* bioklastika, berukuran butir kasar hingga sedang, lapisan terstilolitkan, hadir beberapa gerowong tidak terpola, mengandung fosil beragam yang terpilah buruk, dan tebal lapisannya mencapai 200 cm. Selanjutnya, batuan berkembang menjadi perlapisan *wackestone-packstone*. *Wackestone* bertekstur bioklastika, beberapa bagian tampak kristalin, lapisan terstilolitkan dengan beberapa gerowong tidak teratur, ukuran butir sedang hingga halus, tebal lapisan 150–200 cm. *Packstone* bertekstur bioklastika yang kadang telah kristalin, dengan pola lapisan terstilolitkan, kadang-kadang masih menyisakan struktur perarian sejajar, berukuran butir sedang, dan ketebalan lapisan mencapai 200 cm (Gambar 7.148). Di antara lapisan tersebut, dapat ditemukan rongga-rongga yang cukup besar dan dalam. Selain itu, ditemukan jejak gua di antara perlapisan batuan yang telah terisi penuh oleh endapan gua. Jejak keterdapatan gua beserta endapannya tersebut masih dapat dijumpai di bagian atas runtunan stratigrafi.

Bagian atas runtunan batugamping Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong dimulai dengan keberadaan *wackestone* bioklastika kristalin berlapis buruk (Gambar 7.149). Batuan memperlihatkan beberapa rongga gerowong tidak teratur, berukuran butir kasar hingga sedang yang menghalus di bagian atas, dan berketebalan lapisan 50–300 cm. Sisipan *packstone* masih hadir di bagian atas ini, berlapis buruk yang kadang-kadang terstilolitkan, mengandung beberapa gerowong tidak teratur, dan berketebalan 50–200 cm (Gambar 7.150). Runtunan batuan diakhiri dengan hadirnya perlapisan *wackestone* bioklastika kristalin, memperlihatkan morfologi meruncing di bagian atas akibat pelarutan permukaan, berukuran butir sedang hingga halus, ketebalan mencapai lebih dari 400 cm. Di bagian atas runtunan stratigrafi batugamping ini dijumpai mulut Gua Gong serta beberapa endapan gua yang berada di samping mulut gua (Gambar 7.151).



Sumber: Maryanto dkk. (2014a)

Gambar 7.147 Kolom Stratigrafi Rinci Batugamping Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong, Pacitan



Sumber: Maryanto dkk. (2014a)

Gambar 7.148 *Packstone* bioklastika kristalin terstilolitkan, merupakan penyusun bagian bawah Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong. Difoto di lokasi sampel 13SM101 (lihat Gambar 7.146).



Sumber: Maryanto dkk. (2014a)

Gambar 7.149 *Wackestone* bioklastika yang memperlihatkan jejak lapisan batuan dan rongga fenestral, merupakan penyusun bagian atas Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong. Difoto di lokasi sampel 13SM114 (lihat Gambar 7.146).

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto dkk. (2014a)

Gambar 7.150 *Packstone* bioklastika yang memperlihatkan kekar dan beberapa rongga pelarutan merupakan penyusun bagian atas Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong. Difoto di lokasi sampel 13SM122 (lihat Gambar 7.146).



Sumber: Maryanto dkk. (2014a)

Gambar 7.151 Endapan gua travertin yang berada di samping mulut Gua Gong, yang merupakan penyusun bagian atas Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong. Difoto di lokasi sampel 13SM124 (lihat Gambar 7.146).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

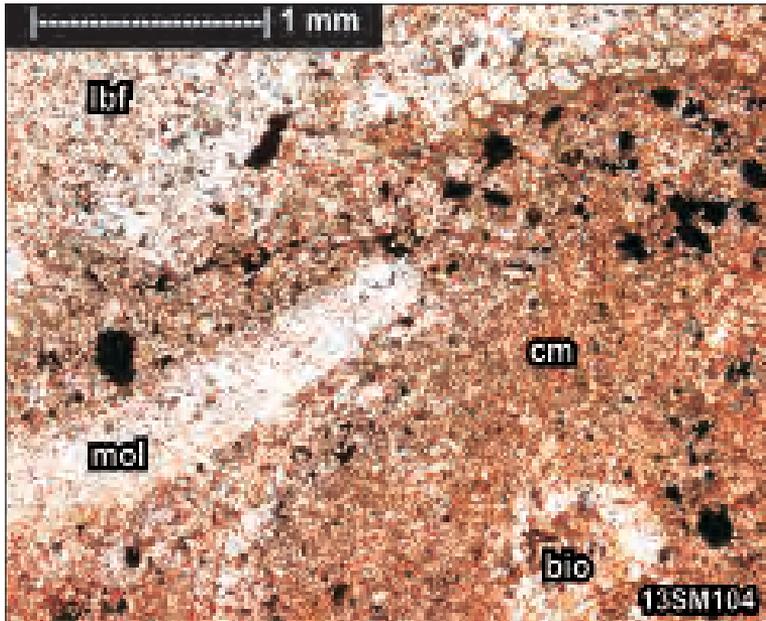
b. Petrografi

Sejumlah 27 sampel batugamping telah diambil secara berurutan di sepanjang lintasan Gua Gong, untuk diuji petrografi (Tabel 7.15). Pengujian petrografi dilakukan dengan menggunakan klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962).

Bagian terbawah runtunan batugamping Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong diawali oleh keberadaan *wackestone* bioklastika yang berkembang dengan ukuran butir sedang, terpilah buruk, dan terdukung lumpur (Gambar 7.152). Komponen butiran didominasi oleh bioklas fosil pecah dan utuh foraminifera besar bentonik, moluska, ganggang merah serta beberapa fosil tidak terperi, kemudian diikuti oleh sedikit intraklas kepingan batugamping bioklastika dan batugamping lumpuran, serta sangat jarang pelet. Bioklas tersebut, khususnya moluska, kadang-kadang larut dan terisi kembali semen kalsit mosaik anhedral dari lingkungan meteorik freatik. Butiran terigen masih dijumpai di segmen ini berupa kuarsa. Sebagian rongga di dalam fosil telah terisi oleh semen kalsit sangat halus mosaik anhedral atau oleh lumpur karbonat yang kadang berkembang menjadi mikrosparit. Rongga gerowong yang lain kadang-kadang diisi oleh oksida besi.

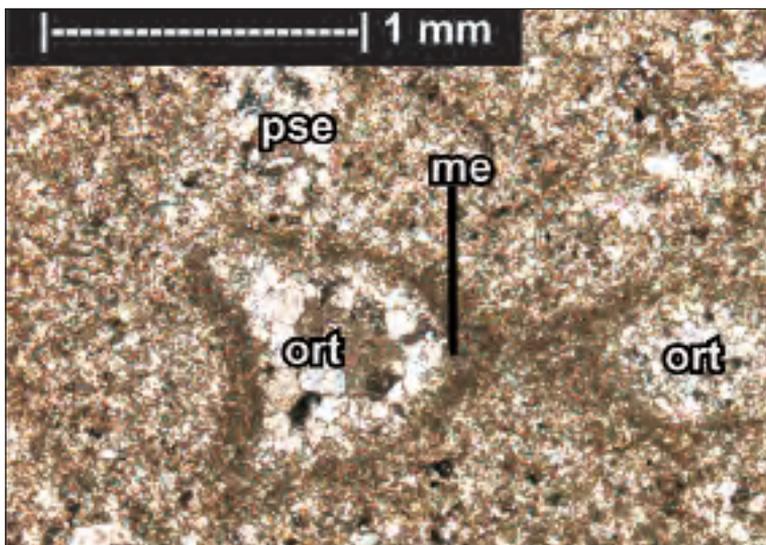
Bagian bawah runtunan batuan ini berukuran butir mengasar, dan didominasi oleh *packstone*, bertekstur bioklastika kristalin yang awalnya terpilah buruk dan terdukung butiran meruncing hingga membundar tanggung (Gambar 7.153), dengan kontak antar butir bertipe titik, panjang, dan lengkung. Komponen bioklas hadir lebih beragam, meliputi foraminifera besar bentonik, moluska, ganggang merah, koral, bryozoa, echinodermata, serta beberapa fosil tidak terperi. Intraklas hadir jarang berupa kepingan batugamping terumbu koral-bryozoa, selain kepingan batugamping bioklastika dan batugamping lumpuran. Beberapa fosil tampak telah terhablur ulang membentuk kristal kalsit berstruktur mosaik anhedral halus hingga kasar sehingga fosil hanya menyisakan struktur jejak.

Pada bagian tengah runtunan stratigrafi, *packstone* tersebut berlapis dengan *wackestone* yang bertekstur bioklastika kasar hingga halus, terpilah buruk, dan terdukung lumpur. *Wackestone* ini mempunyai bioklas beragam meskipun masih didominasi foraminifera besar bentonik, moluska, dan ganggang merah. Intraklas terdiri atas kepingan batugamping terumbu koral-bryozoa-ganggang, kepingan batugamping bioklastika, dan batugamping lumpuran. Beberapa bioklas larut, sedangkan yang lain terhablur ulang membentuk kristal kalsit berstruktur mosaik anhedral halus hingga kasar. Beberapa butiran terigen masih dapat dijumpai sangat terbatas berupa kuarsa, kepingan batuan, dan mineral opak. Rongga di antara dan di dalam partikel sebagian besar telah terisi oleh semen kalsit mosaik drus anhedral



Sumber: Maryanto dkk. (2014a)

Gambar 7.152 *Wackestone* bioklastika berukuran sedang, terpilah buruk, dan terdukung matriks lumpur karbonat (cm). Tampak fosil foraminifera besar bentonik (lbf), moluska (mol) tergantikan dengan fase pelarutan, dan jejak bioturbasi (bio). Sampel 13SM104, lihat Gambar 7.147, kedudukan lensa nikol bersilang.



Sumber: Maryanto dkk. (2014a)

Gambar 7.153 *Packstone* klastika kristalin yang berkembang dengan ukuran sedang dengan beberapa fosil terhablur ulang (pse). Semen kalsit (ort) *drusy mosaic* anhedral halus (ort) pengisi rongga dalam partikel fosil yang larut, menyisakan sampul mikrit (me). Sampel 13SM108, lihat Gambar 7.147, kedudukan lensa nikol bersilang.

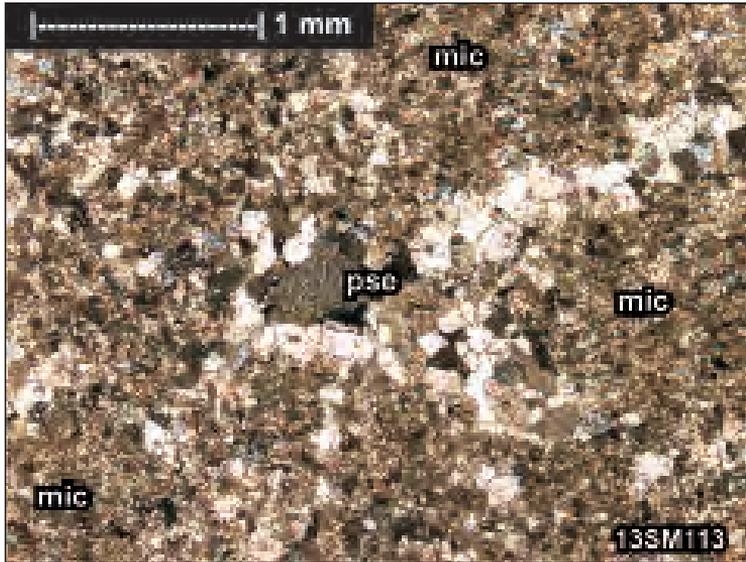
Buku ini tidak diperjualbelikan.

halus hingga sedang. Semen kalsit juga mengisi rongga kekar dan retakan yang tersebar kurang teratur di dalam batuan.

Bagian atas runtunan batugamping Formasi Wonosari yang dianalisis petrografi diawali dengan keberadaan *wackestone* yang bertekstur bioklastika kasar hingga sedang, terpilah buruk, dan terdukung lumpur. *Wackestone* ini mempunyai bioklas beragam, meliputi foraminifera besar bentonik, moluska, ganggang merah, koral, bryozoa, echinodermata, serta beberapa fosil tidak terperi. Intraklas terdiri atas kepingan batugamping bioklastika dan batugamping lumpuran. Keadaan bioklas ini sebagian telah terabrasi dan larut. Pemikritan fosil jarang terjadi pada ganggang merah. Beberapa fosil tampak telah terhablur ulang. Butiran terigen masih dapat dijumpai sangat terbatas berupa kepingan batuan malihan. Butiran karbonat tersebut tersebar di dalam matriks lumpur karbonat yang sebagian terganti menjadi mikrosparit kalsit mosaik anhedral hingga mosaik granular berukuran sangat halus.

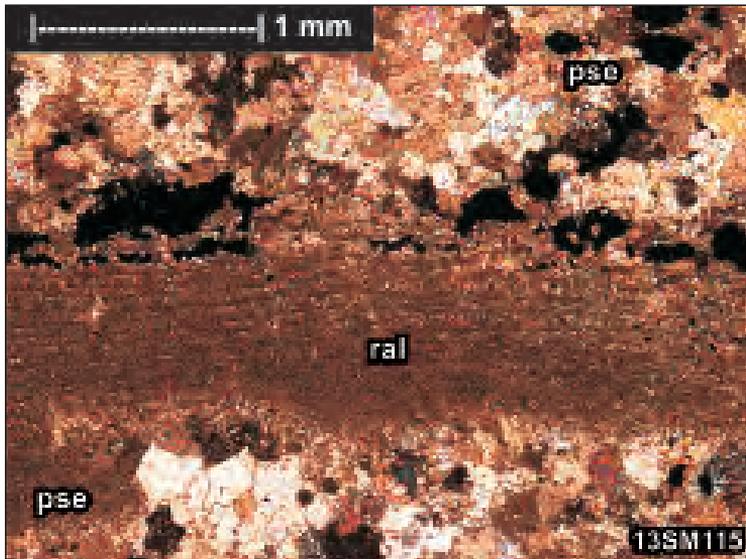
Perlapisan *wackestone* mendominasi runtunan bagian atas Formasi Wonosari di lintasan Gua Gong. Pada umumnya, *wackestone* tersebut bertekstur bioklastika hingga bioklastika kristalin dengan ukuran butiran sedang hingga halus, terpilah buruk hingga sangat buruk, dan terdukung lumpur yang sebagian terganti (Gambar 7.154). Butiran karbonat sebagian telah terabrasi dan tercuci (Gambar 7.155), terdiri atas bioklas beragam yang kadang-kadang mengalami bioturbasi dan pemikritan; intraklas kepingan batugamping bioklastika dan batugamping lumpuran; serta sangat jarang pelet berukuran halus. Beberapa fosil tampak telah terhablur ulang. Butiran terigen masih dapat dijumpai sangat terbatas berupa kepingan batuan malihan.

Wackestone tersebut kadang-kadang berselingan dengan *packstone* yang bertekstur bioklastika kasar hingga halus, terpilah buruk hingga sangat buruk, meskipun masih terdukung butiran. *Packstone* ini mempunyai bioklas beragam meskipun masih didominasi foraminifera besar bentonik, moluska, dan ganggang merah. Intraklas terdiri atas kepingan batugamping terumbu koral-bryozoa, kepingan batugamping bioklastika, dan batugamping lumpuran. Pada sebagian sampel, bioklas mulai terabrasi dan larut. Beberapa fosil tampak telah terhablur ulang membentuk kristal kalsit berstruktur mosaik anhedral halus hingga kasar yang membentuk jejak fosil (Gambar 7.156). Beberapa butiran terigen masih dapat dijumpai sangat terbatas berupa mineral opak karbon. Rongga di antara dan di dalam partikel serta kekar dan retakan sebagian besar telah terisi oleh semen kalsit mosaik drus anhedral halus hingga sedang.



Sumber: Maryanto dkk. (2014a)

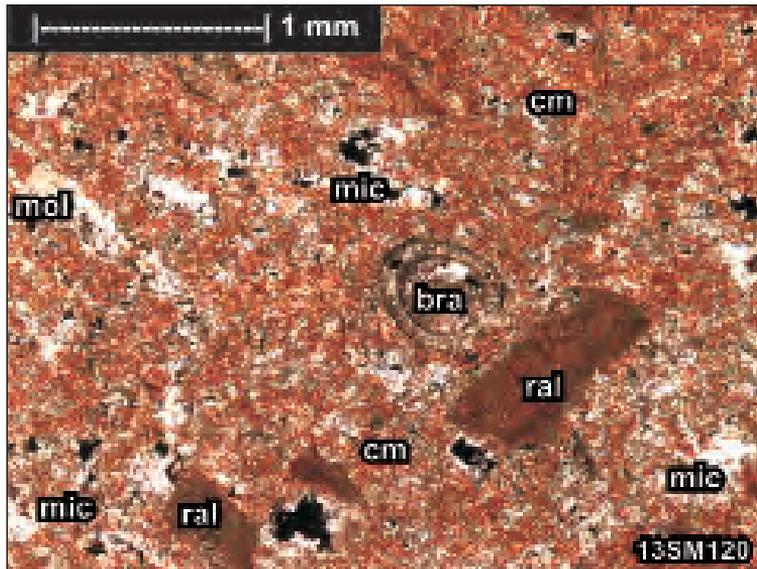
Gambar 7.154 Wackestone klastika kristalin dengan jejak fosil akibat terhablur ulang (pse), begitu pula dengan matriks lumpur karbonat juga telah terhablur ulang menjadi mikrosparit (mic). Sampel 13SM113, lihat Gambar 7.147, kedudukan lensa nikol bersilang.



Sumber: Maryanto dkk. (2014a)

Gambar 7.155 Wackestone dengan kepingan ganggang merah memanjang (ral). Matriks lumpur karbonat sebagian besar telah terhablur ulang menjadi kristal kalsit anhedral mosaik blok (pse). Sampel 13SM115, lihat Gambar 7.147, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto dkk. (2014a)

Gambar 7.156 Wackestone yang berkembang dengan ukuran halus dari butiran karbonat seperti ganggang merah (ral), brachiopoda (bra), dan moluska terganti (mol). Sebagian lumpur karbonat (cm) terhablur ulang menjadi mikrosparit (mic). Sampel 13SM120, kedudukan lensa nikol bersilang.

c. Mikrofasis

Analisis mikrofasis batugamping Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong dilakukan dengan menggunakan pembagian standar mikrofasis menurut Flugel (1982, 2004), yang merupakan pengembangan sabuk fasies (Wilson, 1975; Machel & Hunter, 1994). Berdasarkan hasil analisis petrografi, terlihat bahwa secara umum hanya ada satu fasies pengendapan batugamping di lintasan penelitian, yaitu fasies *packstone-wackestone* yang terendapkan di lingkungan terumbu belakang. Meskipun demikian, berdasarkan penciri khusus (seperti kemas, ragam bioklas, abrasi butiran, keberadaan bioturbasi, dan pemikritan fosil), beberapa mikrofasis pengendapan dapat diidentifikasi.

Pengendapan batugamping Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong dimulai dengan keberadaan perlapisan *wackestone* yang bertekstur bioklastika sedang dengan kemas terbuka dan terdukung lumpur. Komponen butiran karbonat berupa berbagai jenis fosil dan sedikit intraklas yang umumnya telah terabrasi. Karakter batugamping seperti ini pada umumnya diendapkan di lerengan lokal di wilayah terumbu belakang dengan sirkulasi air terbuka (*local slope with open circulation on back-reef* atau SMF10-FZ7). Perselingan *wackestone* dan *packstone* merupakan penciri khusus fasies pengendapan ini di lintasan penelitian.

Pengendapan berikutnya membentuk perlapisan *packstone* terpilah sangat buruk dan mengandung beberapa intraklas batugamping terumbu koral-bryozoa dengan bioklas kurang terabrasi. Kenampakan ini mencerminkan fasies pengendapan sayap terumbu (*reef-flank facies* atau SMF5-FZ4).

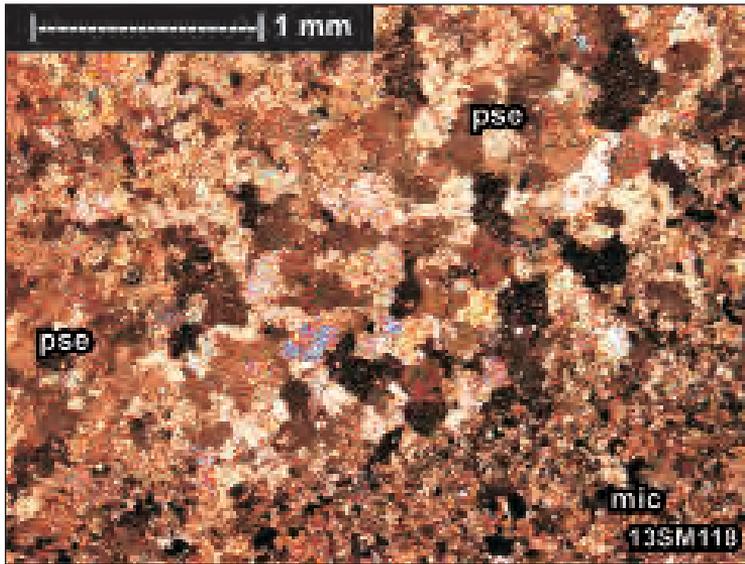
Selanjutnya, batuan didominasi oleh perlapisan *wackestone* dengan kepingan fosil beragam meskipun belum terabrasi dengan sempurna. Batuan memperlihatkan jejak bioturbasi (galian organisme), dan beberapa fosil tampak termikritkan. Kenampakan ini mencerminkan fasies pengendapan laut dangkal dengan sirkulasi terbuka di wilayah terumbu belakang (*shallow marine with open circulation on back-reef* atau SMF9-FZ7).

Fasies pengendapan di bagian atas runtunan batuan masih di wilayah laut dangkal terumbu belakang dengan sirkulasi terbuka. Perulangan fasies pengendapan laut dangkal (SMF9-FZ7) dengan lerengan lokal (SMF10-FZ7) berlangsung di bagian atas runtunan batuan. Meskipun demikian, fasies pengendapan lerengan lokal terumbu belakang lebih mendominasi runtunan daripada fasies laut dangkal terumbu belakang.

d. Proses Diagenesis

Batugamping, termasuk batugamping di lintasan penelitian, dipengaruhi oleh proses diagenesis selama waktu pengendapan, penimbunan, pengangkatan, penyingkapan batuan, serta pengaruh perubahan air laut dan air tawar (Longman, 1980, Tucker & Wright, 1990). Data hasil pengujian petrografi yang telah dilakukan menunjukkan beberapa rekaman proses diagenesis yang terawetkan pada batugamping Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong, meliputi penyemenan, penggantian, pemikritan, penghablurulan, pemampatan, peretakan, dan pelarutan.

Semen karbonat dari lingkungan laut sangat jarang teramati pada sampel batugamping yang dianalisis petrografi. Semen karbonat dari lingkungan penimbunan tidak terekam pada sampel batuan, sebaliknya penyemen utama berasal dari lingkungan meteorik, dan diikuti sangat jarang semen dari lingkungan meteorik vados. Semen karbonat kalsit pada umumnya berfungsi sebagai pengisi rongga dalam dan antar partikel, serta beberapa rongga retakan dan gerowong pelarutan. Semen karbonat dari lingkungan laut pada umumnya berupa kristal kalsit berstruktur *bladed* halus hingga sangat halus (James & Choquette, 1990), atau dikenal dengan struktur *radial fibrous* (Kendall & Tucker, 1973), meskipun tidak membentuk struktur *accicular* (Kendall, 1977). Semen karbonat tersebut melingkari rongga di antara dan di dalam fosil (Gambar 7.157). Semen karbonat

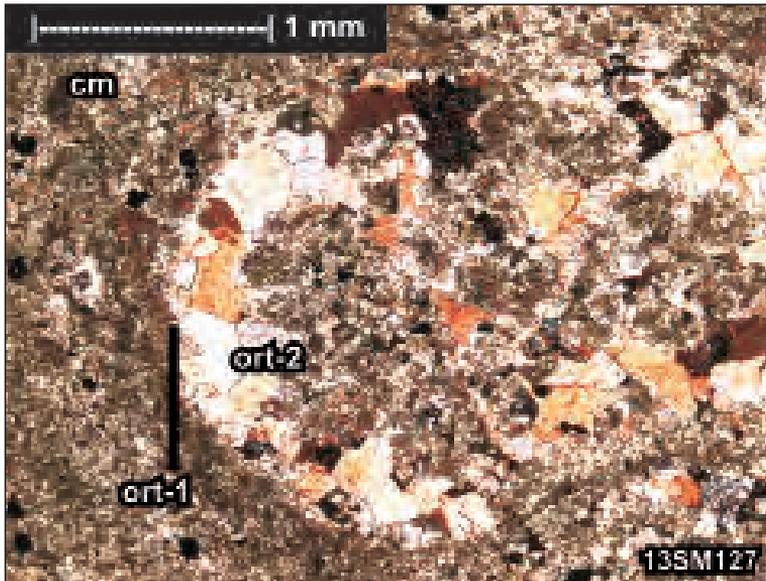


Sumber: Maryanto dkk. (2014a)

Gambar 7.157 Batugamping kristalin yang berasal dari penghablurulan *packstone*. Tampak jejak fosil yang tersusun oleh kristal kalsit anhedral mosaik blok (psc), dan penghablurulan matriks lumpur karbonat menjadi mikrosparit (mic). Sampel 13SM118, lihat Gambar 7.147, kedudukan lensa nikol bersilang.

dari lingkungan penimbunan dan transisi tidak terekam pada sampel batuan yang diuji petrografi. Di lain pihak, semen yang terawetkan kebanyakan berasal dari lingkungan diagenesis meteorik freatik. Semen yang berasal dari lingkungan ini tampak berstruktur mosaik drus hingga mosaik blok anhedral, berukuran kristal halus hingga sedang (Gambar 7.152 & 7.157). Hampir semua rongga yang ada di dalam batuan telah terisi oleh semen karbonat dari lingkungan meteorik freatik ini. Penyemenan fase kedua, juga berlangsung di lingkungan meteorik freatik, khususnya penyemenan rongga gerowong akibat pelarutan permukaan (Gambar 7.158). Penyemen terakhir ini berlangsung bersama-sama dengan penyemen nonkarbonat, yaitu oksida besi dan mineral lempung authigenik yang hadir sangat terbatas berbentuk dan tersebar tidak teratur. Proses penyemenan fase kedua ini masih berlangsung hingga sekarang, terlihat dengan adanya beberapa endapan gua stalaktit, stalakmit, dan travertin di Gua Gong.

Proses penggantian terjadi pada semua sampel batuan, khususnya penggantian matriks lumpur karbonat yang membentuk mikrosparit. Mikrosparit yang terbentuk berstruktur sangat halus hingga halus, berstruktur mosaik anhedral hingga mosaik granular, dan dijumpai merata di dalam batuan.



Sumber: Maryanto dkk. (2014a)

Gambar 7.158 *Wackestone* yang memperlihatkan pelarutan fosil dan pengisian kembali oleh semen kalsit *bladed* halus (ort-1) dari lingkungan laut, yang diikuti oleh semen kalsit mosaik blok (ort-2) dari lingkungan air tawar. Sampel 13SM127, lihat Gambar 7.147, kedudukan lensa nikol bersilang.

Beberapa bioklas, seperti moluska dan foraminifera terlihat rusak di bagian pinggirnya (Gambar 7.152). Kerusakan bioklas ini pada umumnya disebabkan oleh proses bioturbasi segera sesudah batuan terendapkan. Karena hasil proses bioturbasi ini membentuk lumpur karbonat sekunder, proses tersebut dapat dinamakan sebagai pemikritan.

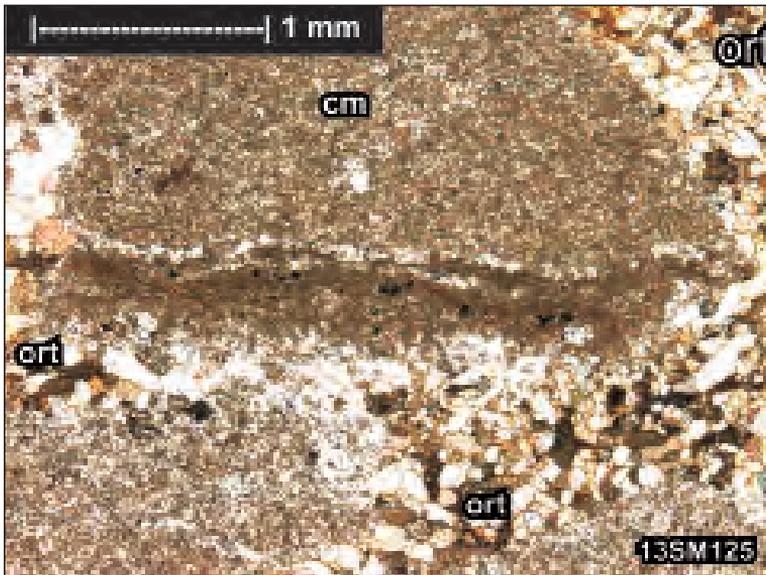
Rekaman proses penghablurulan hadir di kebanyakan sampel batuan, khususnya mengubah butiran karbonat. Kristal kalsit (*pseudosparite*) merupakan hasil penghablurulan butiran karbonat untuk penghablurulan fase pertama (Gambar 7.153). Penghablurulan fase kedua terjadi pada komponen yang lain, bersama-sama atau sesudah berlangsung pada komponen butiran karbonat tersebut (Gambar 7.156). Hasil kedua proses penghablurulan tersebut adalah kristal kalsit berstruktur mosaik anhedral polimodal berukuran halus hingga kasar dengan kristal saling mengunci. Beberapa fosil hanya teridentifikasi dari pola butiran awal yang membentuk struktur sisa (*ghost structure*).

Rekaman proses pemampatan batuan terlihat samar-samar pada *packstone* yang salah satunya dicirikan dengan bentuk hubungan butir panjang dan lengkung (*long and concave-convex*). Pada beberapa batuan, rekaman proses pemampatan yang tecermin dengan pola hubungan butir ini tidak terlihat dengan nyata karena

1) komponen batuan didominasi oleh lumpur karbonat sehingga hubungan butir terlihat mengambang atau 2) komponen batuan telah terhablur ulang.

Retakan dan kekar hadir terbatas pada sampel batugamping. Kekar gerus hadir berupa kekar rambut yang memotong butiran dan material lainnya. Retakan batuan lebih banyak terjadi sebagai kegiatan biota tumbuh-tumbuhan di permukaan sekarang ini. Rongga retakan tersebut sebagian kecil masih tetap kosong, meninggalkan jenis keporian retakan. Sebagian retakan tersebut telah terisi oleh semen karbonat dari lingkungan meteorik freatik berstruktur mosaik drus anhedral berukuran kristal sangat halus hingga halus.

Pelarutan batugamping dapat terjadi pada berbagai lingkungan diagenesis, meskipun pada umumnya berlangsung di lingkungan meteorik vados. Proses pelarutan yang terjadi tidak memilih kemas, yaitu terjadi secara acak pada seluruh komponen batugamping, baik pada butiran, matriks, maupun penyemen (Gambar 7.159). Hasil proses pelarutan tersebut adalah keporian sekunder jenis gerowong (*vuggy*) tidak teratur hingga gua (*cavern*), termasuk proses pembentukan Gua Gong sampai sekarang ini. Ukuran keporian yang dijumpai dapat berukuran mikro hingga besar dan telah berhubungan antarsesamanya yang membentuk jenis keporian saluran (*channel*).



Sumber: Maryanto dkk. (2014a)

Gambar 7.159 *Wackestone* dengan komposisi dominan lumpur karbonat (cm), memperlihatkan pelarutan batuan, diikuti pengisian rongga oleh semen kalsit mosaik anhedral (ort) dari lingkungan air tawar. Sampel 13SM125, lihat Gambar 7.147, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

e. Diskusi

Batugamping penyusun Formasi Wonosari di Lintasan Gua Gong secara umum terendapkan di lingkungan terumbu belakang. Pada awalnya, lingkungan berada di cekungan lokal terumbu belakang (SMF10-FZ7; Flugel, 1982). Jenis bioklas yang didominasi oleh foraminifera besar bentonik, moluska, ganggang merah, dan echinodermata adalah penciri endapan laguna (Tucker & Wright, 1990), baik dengan sirkulasi air terbuka maupun tertutup. Bentuk terumbu di daerah ini pada saat itu tidak menyebar secara luas dan tidak membentuk lingkungan laguna tertutup. Keberadaan perlapisan *packstone* dengan komponen intraklas batugamping terumbu koral-bryozoa merupakan penciri lingkungan pengendapan sayap terumbu. Meskipun fasies sayap terumbu ditemukan, fasies terumbu organik tidak dijumpai di lintasan penelitian. Boleh jadi, bangunan terumbu organik berlokasi di sebelah selatan lintasan penelitian. Dengan demikian, pembahasan tentang terumbu, seperti yang telah diulas oleh James (1983) tidak perlu dilakukan pada runtunan batugamping di lintasan penelitian ini karena bangunan terumbu tidak dijumpai.

Proses diagenesis yang berpengaruh terhadap batugamping Formasi Wonosari telah berlangsung segera sesudah batuan terendapkan hingga batuan tersingkap di permukaan sekarang ini. Proses diagenesis yang satu berlangsung bersamaan atau menyusul mengikuti proses diagenesis lainnya (Longman, 1980). Sesuai dengan jenis batuan yang ada, yaitu *packstone* dan *wackestone*, proses penyemenan awal dari lingkungan laut kurang terawetkan dengan baik (Kendall, 1977; Kendall & Tucker, 1973; James & Choquette, 1990; Braithwaite dkk., 2000). Proses penggantian terekam pada beberapa fosil, khususnya fosil moluska, terjadi segera sesudah pengendapan batuan tanpa melalui fase pelarutan (Bathurst, 1975), yang menyisakan struktur dalam fosil moluska. Penggantian fosil masih berlanjut menjadi proses penghablurulan yang merusak struktur dalam fosil. Penghablurulan yang terjadi di dalam batugamping Formasi Wonosari terjadi pada semua komponen atau dikenal sebagai penghablurulan dengan kemas tidak terseleksi (*nonselected fabric recrystallization*; Moore, 1997).

Penyemenan pada lingkungan penimbunan laut (*marine-burial diagenesis*; James, 1991; Melim dkk., 2001; Ramadan dkk., 2004) juga kurang teramati dengan baik. Rekaman proses diagenesis penimbunan yang teramati semata-mata adalah pemampatan. Pemampatan terekam samar-samar pada batugamping di lintasan penelitian, begitu pula dengan rekaman proses peretakan dan pengekarangan yang sangat jarang terlihat.

Penyemenan terbanyak terjadi pada saat batuan terangkat ke permukaan, yaitu di lingkungan meteorik freatik (*phreatic meteoric*; Longman, 1980), dengan kristal mosaik drus anhedral. Teridentifikasi dua fase penyemenan yang berlangsung di lingkungan meteorik freatik ini. Keadaan ini mencerminkan bahwa telah terjadi proses pengangkatan dan penurunan kembali batugamping Formasi Wonosari sebelum batuan tersingkap seperti sekarang ini. Penyemen meteorik freatik fase kedua pada umumnya telah menutup sempurna rongga gerowong, bersama-sama dengan pembentukan endapan gua purba di beberapa tempat. Penyemen terakhir berasal dari lingkungan meteorik vados, prosesnya masih berlangsung hingga sekarang, seperti pembentukan endapan stalaktit, stalakmit, travertin, dan batugamping ekstraformasional di dalam rongga Gua Gong.

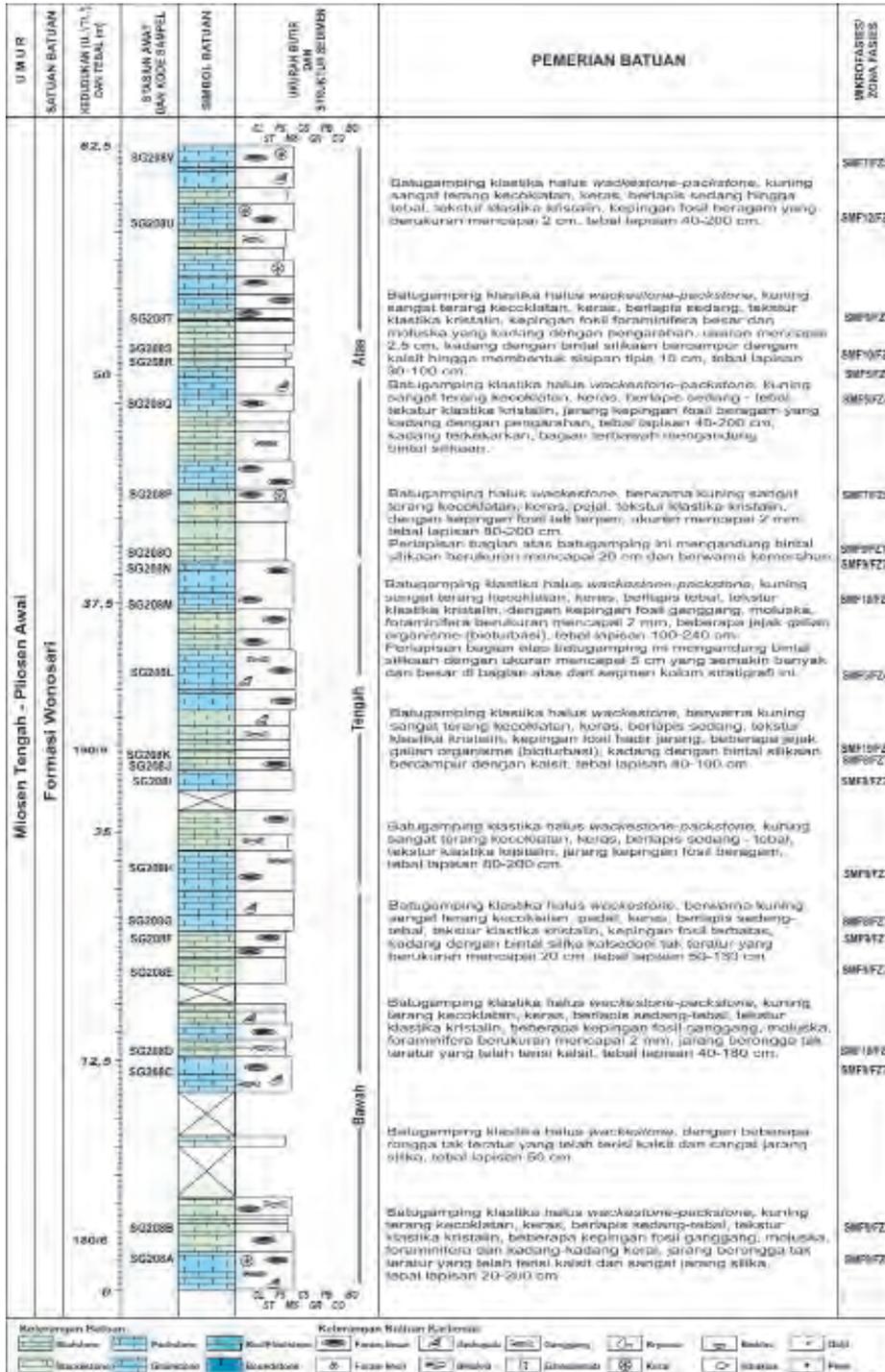
Proses pelarutan yang membentuk rongga keporian gerowong hingga gua dan saluran (*cavern and channelling*; Choquette & Pray, 1970) lebih tampak di lapangan daripada di bawah mikroskop polarisasi. Dalam kaitannya dengan proses pembentukan gua, termasuk pembentukan Gua Gong, proses penyemenan dan pelarutan merupakan dua jenis proses diagenesis yang saling terkait. Proses pelarutan fase pertama diperkirakan berlangsung di lingkungan meteorik vados, membentuk rongga gerowong hingga gua dan saluran. Proses penurunan formasi menjadikan sebagian rongga tersebut tertutup kembali oleh semen meteorik freatik. Pengangkatan fase kedua membentuk rongga gerowong hingga gua dan saluran berikutnya, termasuk pembentukan Gua Gong. Selanjutnya, setelah terjadi proses penurunan kembali, penyemenan di lingkungan meteorik freatik juga menutup sebagian rongga yang telah terbentuk tersebut. Penutupan rongga masih diteruskan oleh proses penyemenan pada zona meteorik yang prosesnya masih berlangsung hingga sekarang.

4. LINTASAN NGRIJANG SENGON

a. Kenampakan Lapangan

Lokasi Ngrijang Sengon merupakan bukit sangat terjal, beda ketinggian antara lembah dan puncak bukit sekitar 80 m, batuannya tersingkap menerus cukup banyak dan berkeadaan segar. Runtunan batuan yang dijumpai semata-mata adalah batugamping Formasi Wonosari dengan perlapisan batuan secara umum miring landai ke selatan dan ketebalan total terukur mencapai 62,5 m (Gambar 7.160).

Runtunan batuan Formasi Wonosari di Lintasan Ngrijang Sengon diawali dengan keberadaan *wackestone-packstone* kuning terang kecokelatan, keras, berlapis sedang hingga tebal, tekstur klastika kristalin, beberapa kepingan fosil ganggang,



Buku ini tidak diperjualbelikan.

Sumber: Maryanto dkk. (2015a)

Gambar 7.160 Kolom Stratigrafi Rinci Batugamping Formasi Wonosari di Lokasi Ngrijang Sengon, Pacitan

moluska, foraminifera dan kadang-kadang koral, jarang berongga tidak teratur yang telah terisi kalsit dan sangat jarang silika, tebal lapisan 20–200 cm (Gambar 7.161). Selanjutnya, batuan berkembang menjadi *wackestone* berwarna kuning sangat terang kecokelatan, padat, keras, berlapis sedang tebal (Gambar 7.162), tekstur klastika kristalin, kepingan fosil terbatas, kadang dengan bintal silika kalsedoni tidak teratur berukuran mencapai 20 cm, tebal lapisan 50–130 cm.

Bagian tengah satuan batuan diawali oleh *wackestone* berwarna kuning sangat terang kecokelatan, keras, berlapis sedang, tekstur klastika kristalin, kepingan fosil hadir jarang, beberapa jejak galian organisme, kadang dengan bintal silikaan bercampur dengan kalsit, tebal lapisan 40–200 cm. Batuan berkembang menjadi *wackestone-packstone* kuning sangat terang kecokelatan, keras, berlapis tebal, tekstur klastika kristalin, dengan kepingan fosil ganggang, moluska, foraminifera berukuran mencapai 2 mm, beberapa jejak galian organisme (Gambar 7.163), tebal lapisan 100–240 cm. Perlapisan batugamping ini mengandung bintal silikaan dengan ukuran mencapai 5 cm yang semakin banyak dan besar di bagian atas dari segmen kolom stratigrafi ini. Selanjutnya batuan menjadi *wackestone* kembali dengan tebal lapisan 80–200 cm. Perlapisan bagian atas batugamping ini mengandung bintal silikaan berukuran mencapai 20 cm dan berwarna kemerahan (Gambar 7.164).



Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.161 *Wackestone* yang berlapis buruk, berada di bagian terbawah kolom stratigrafi di Ngrijang Sengon, Pacitan. Difoto di lokasi 14/SG/208A (lihat Gambar 7.160).

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.162 *Wackestone* berlapis sedang-tebal dan dengan kandungan fosil terbatas yang merupakan bagian bawah runtunan batuan. Difoto di lokasi 14/SG/208E (lihat Gambar 7.160).



Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.163 Tampak dekat cetakan bioturbasi pada batugamping *wackestone* halus yang merupakan bagian tengah runtunan batuan. Difoto di lokasi 14/SG/208M (lihat Gambar 7.160).

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.164 *Wackestone-packstone* yang mengandung bintang silikaan tipis sekitar 10 cm, yang merupakan bagian atas runtunan batuan. Difoto di lokasi 14/SG/208T (lihat Gambar 7.160).

Bagian atas runtunan batugamping Formasi Wonosari di lintasan Ngrijang Sengon dimulai dengan keberadaan *wackestone-packstone* kuning sangat terang kecokelatan, keras, berlapis sedang, tekstur klastika kristalin, kepingan fosil foraminifera besar dan moluska yang kadang dengan pengarahannya, ukuran mencapai 2,5 cm, kadang dengan bintang silikaan bercampur dengan kalsit hingga membentuk sisipan tipis 10 cm, tebal lapisan 30–200 cm. Runtunan batuan diakhiri oleh *wackestone-packstone* kuning sangat terang kecokelatan, keras, berlapis sedang hingga tebal, tekstur klastika kristalin, kepingan fosil beragam yang berukuran mencapai 2 cm, tebal lapisan 40–200 cm.

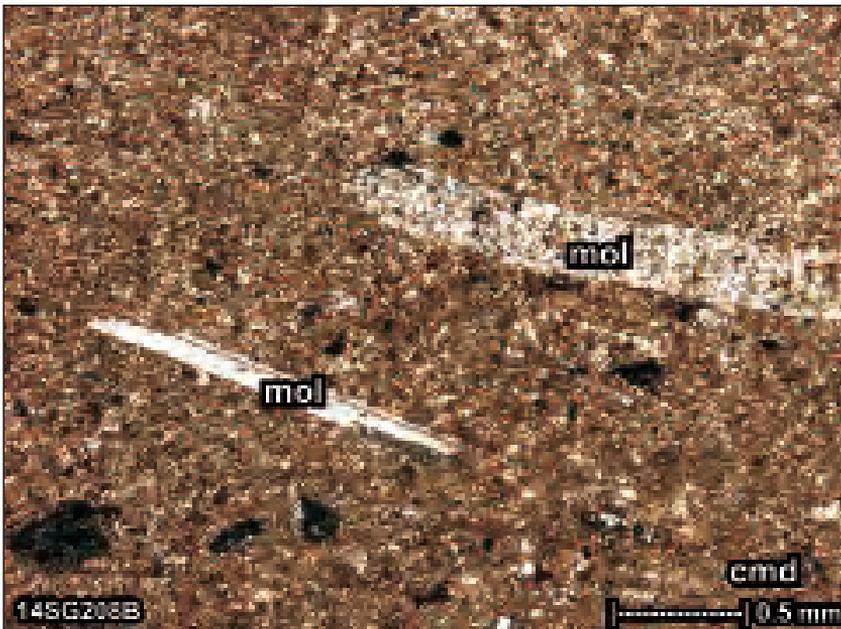
b. Petrografi dan Fasies Batuan

Sejumlah 22 sampel batugamping telah diambil secara berurutan di sepanjang Lintasan Ngrijang Sengon untuk diuji petrografi. Pengujian petrografi dilakukan dengan menggunakan klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962), digabungkan dengan identifikasi komponen batugamping menurut Folk (1962). Hasil pengujian petrografi terlihat pada Tabel 7.16, yang merupakan rangkuman pengujian batuan. Analisis mikrofases batugamping dikelompokkan berdasarkan pembagian standar mikrofases (selanjutnya disingkat SMF menurut Flugel, 1982,

2004) yang merupakan pengembangan dari sabuk fasies (selanjutnya disingkat FZ menurut Wilson, 1975).

Batuan diawali dengan *wackestone* yang bertekstur bioklastika fragmental sedang, terpilah buruk dan terdukung matriks. Komponen butiran hadir dikuasai berupa bioklas beragam jenisnya meskipun masih dikuasai oleh fosil foraminifera besar bentonik, ganggang merah, dan moluska. Butiran yang lain adalah pelet dengan ukuran sangat halus dan tersebar tidak teratur. Butiran tersebut telah terabrasi dan tercuci (Gambar 7.165), dan tersebar di dalam matriks lumpur karbonat yang sebagian kecil telah terganti menjadi mikrosparit kalsit. Beberapa butiran terigen masih dapat dijumpai seperti kuarsa, feldspar, kepingan batuan argilit, dan mineral opak. Kenampakan ini mencerminkan fasies pengendapan laut dangkal dengan sirkulasi terbuka di bawah dasar gelombang (SMF9-FZ7; *shallow water with open circulation at below wave base*). Fasies pengendapan ini menguasai bagian bawah runtunan stratigrafi di lokasi penelitian.

Kadang-kadang fasies pengendapan bergeser menjadi lerengan atau cekungan lokal pada dangkalan laguna (SMF10-FZ7; *local slope to basin at shelf lagoon*), yang mengendapkan *wackestone*. Ciri *wackestone* ini, antara lain, bertekstur bioklastika



Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.165 *Wackestone* penyusun bagian bawah Formasi Wonosari terdukung matriks lumpur karbonat (cmd) dengan fosil moluska (mol) yang telah terabrasi, tercuci, dan tergantikan, yang merupakan endapan laut dangkal dengan sirkulasi terbuka. Kode sampel SGT208B, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

fragmental sedang dengan butiran karbonat yang dikuasai bioklas beragam jenis, selain sedikit pelet. Butiran terigen juga masih hadir berupa kepingan batuan argilit. Butiran karbonat ini telah tercuci dan terabrasi dengan baik. Butiran karbonat tersebut tersebar di dalam matriks lumpur karbonat yang beberapa juga telah terganti menjadi mikrosparit kalsit mosaik anhedral sangat halus. Keadaan ini berlangsung cepat dan segera kembali menjadi fasies pengendapan laut dangkal dengan sirkulasi terbuka di bawah dasar gelombang. Runtunan batuan ditutup dengan *wackestone* yang berasal dari fasies pengendapan dangkalan laguna dengan sirkulasi air terbuka di bawah dasar gelombang (SMF8-FZ7; *shelf lagoon with open circulation below normal wave base*). Batuan dicirikan dengan keberadaan butiran karbonat yang sangat dikuasai oleh bioklas moluska, foraminifera besar bentonik, ganggang merah, kadang koral dan bryozoa, dalam jumlah terbatas, dan tersebar di dalam matriks lumpur karbonat. Butiran yang lain adalah pelet berukuran sangat halus. Butiran karbonat tersebut belum tercuci dan terabrasi.

Memulai bagian tengah runtunan, batuan berkembang menjadi *wackestone* dengan tekstur bioklastika fragmental sedang hingga kasar, yang terduduk lumpur dan terpilah buruk. Butiran karbonat sangat dikuasai oleh bioklas fosil beragam, yang menonjol adalah moluska, ganggang merah, foraminifera besar bentonik, koral, bryozoa, dan echinodermata. Sebagian fosil tersebut sudah pecah meruncing hingga membundar tanggung dengan tanda-tanda abrasi dan pencucian yang sudah mulai berpengaruh. Butiran yang lain adalah pelet berukuran sangat halus, kuarsa, dan mineral opak yang tersebar setempat-setempat. Pemikritan fosil ganggang merah sedikit berlangsung, begitu pula dengan penghablurulan sebagian kecil fosil moluska. Seluruh butiran karbonat tersebut tersebar di dalam matriks lumpur karbonat yang sedikit tergantikan menjadi mikrosparit kalsit anhedral sangat halus. Keadaan ini mencerminkan lingkungan pengendapan laut dangkal dengan sirkulasi terbuka di bawah dasar gelombang (SMF9-FZ7; *shallow water with open circulation at below wave base*).

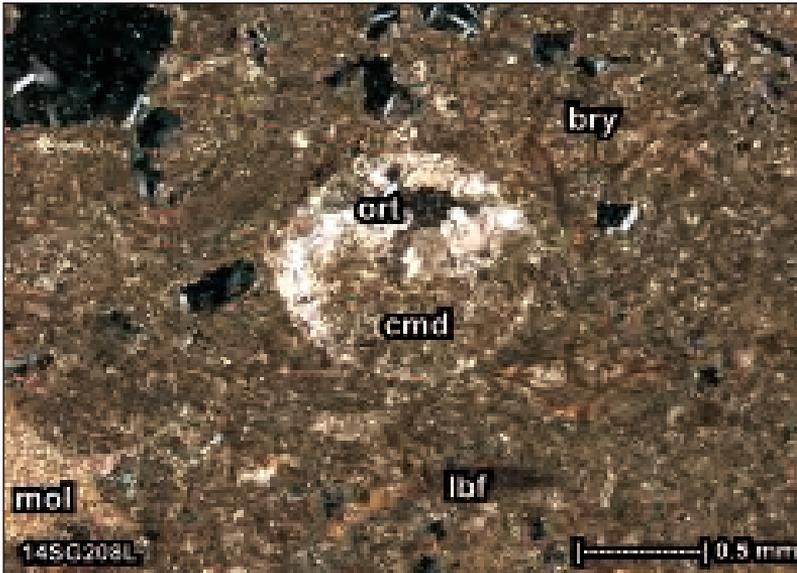
Pergeseran fasies pengendapan sering kali terjadi di bagian tengah runtunan batuan ini. Secara cepat, batuan proses susut laut menyebabkan lingkungan pengendapan bergeser menjadi dangkalan laguna dengan sirkulasi air terbuka (SMF8-FZ7), yang dicirikan dengan keberadaan *wackestone* bioklastika kasar dengan butiran berbentuk meruncing hingga meruncing tanggung, dikuasai oleh fosil terbatas seperti foraminifera besar bentonik, moluska, koral, dan ganggang merah. Fosil ini pada umumnya belum tercuci dan terabrasi dengan baik. Selanjutnya, proses susut laut terus berlangsung, menyebabkan lingkungan pengendapan bergeser menjadi teluk hingga kubangan sangat terbatas (SMF19-

FZ8; *very restricted bay and pond*). Keadaan ini dicirikan dengan keberadaan *wackestone* yang bertekstur bioklastika halus dengan fosil sangat terbatas. Fosil hadir berupa pecahan sangat halus moluska dan foraminifera bentonik yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat sebagian tergantikan menjadi mikrosparit kalsit sangat halus anhedral. Isian rongga oleh kuarsa sangat halus anhedral hadir di beberapa tempat, selain orthosparit kalsit sangat halus anhedral dan oksida besi tidak teratur.

Proses genanglaut berikutnya menjadikan lingkungan bergeser menjadi sayap terumbu (SMF5-FZ4; *reef flank facies*), yang mengendapkan *packstone* yang bertekstur bioklastika sedang dengan fosil beragam (Gambar 7.166), yang pada umumnya belum mengalami proses abrasi dan pencucian yang berarti. Selain itu, komponen intraklas berupa kepingan batugamping terumbu koral-ganggang-bryozoa, yang berukuran sangat kasar, berbentuk meruncing hingga meruncing tanggung, dan diperkirakan berasal dari fasies bangunan terumbu (SMF7-FZ5; *organic reef*) tampak hadir menjadi komponen butiran karbonat di dalam *packstone* tersebut.

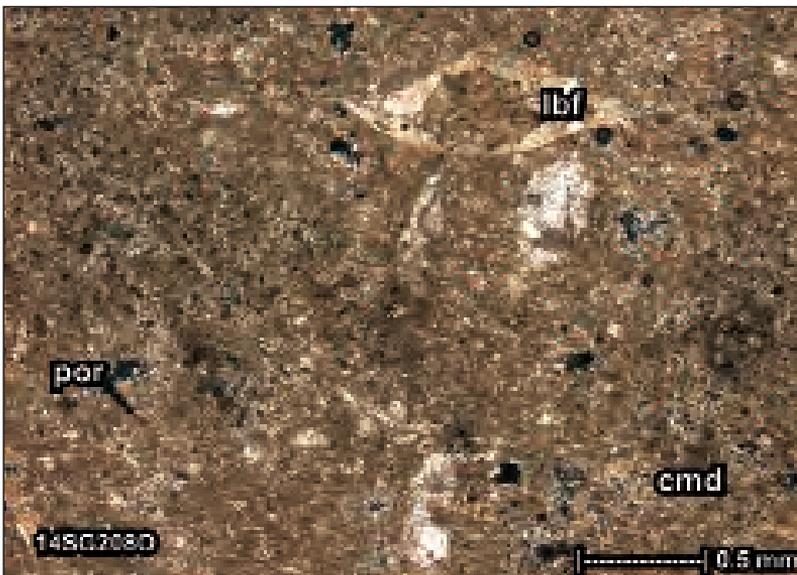
Bagian atas runtunan stratigrafi masih dikuasai oleh *wackestone* yang bertekstur bioklastika fragmental sedang, terpilah buruk, dan terdukung lumpur. Butiran karbonat dikuasai oleh fosil beragam dengan jumlah terbatas (Gambar 7.167). Butiran yang lain adalah intraklas berupa kepingan batugamping terumbu koral-ganggang-bryozoa yang berukuran lebih kasar dan tersebar setempat-setempat, serta pelet yang berbutir sangat halus tidak merata. Butiran terigen masih dapat dijumpai berupa kuarsa dan mineral opak yang berukuran sangat halus tidak merata. Abrasi dan pencucian butiran tersebut belum berjalan dengan baik. Kenampakan seperti ini masih mencirikan lingkungan laut dangkal dengan sirkulasi terbuka di bawah dasar gelombang (SMF9/FZ7).

Lingkungan pengendapan kadang-kadang mendalam menjadi lerengan atau cekungan lokal pada dangkalan laguna (SMF10/FZ7). Batuan yang terendapkan masih *wackestone* yang bertekstur bioklastika fragmental sedang, terpilah buruk dan terdukung lumpur. Proses abrasi dan pencucian butiran telah berjalan dengan baik meskipun pemilahan batuan masih buruk. Pergeseran fasies pengendapan susut laut membentuk *packstone* yang bertekstur bioklastika fragmental kasar dengan dominasi fosil foraminifera besar bentonik jika dibandingkan jenis fosil yang lain. Butiran yang lain berjumlah sangat terbatas, berupa intraklas batugamping bioklastika. Keadaan ini mencerminkan pengendapan tepi lerengan dan landaian pada paparan tertampi (SMF12/FZ6).



Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.166 *Packstone* penyusun bagian tengah Formasi Wonosari dengan fosil beragam, seperti foraminifera besar bentonik (lbf), moluska (mol), bryozoa (bry). Tampak isian fosil oleh orthosparit (ort) dan lumpur karbonat (cmd) yang membentuk struktur geopetal sebagai penciri fasies sayap terumbu. Kode sampel SGT208L, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang.

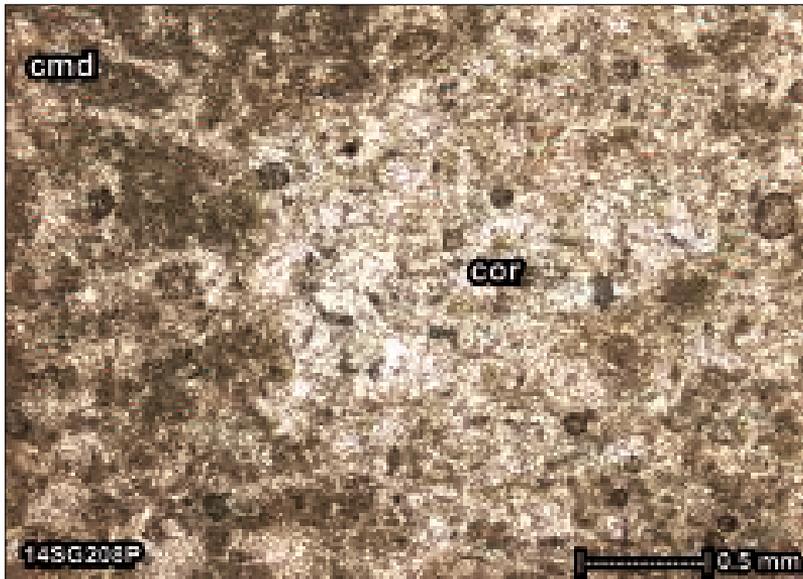


Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.167 *Wackestone* penyusun bagian tengah Formasi Wonosari yang didukung matriks lumpur karbonat (cmd). Tampak fosil foraminifera besar bentonik (lbf) termikritkan, yang juga merupakan endapan laut dangkal dengan sirkulasi terbuka. Tampak pula keporian gerowong (por). Kode sampel SGT208O, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Runtunan kedua fasies tersebut di atas segera diikuti oleh *packstone* hingga *floatstone* yang mengandung beberapa kepingan batugamping terumbu (Gambar 7.168). Batuanya bertekstur bioklastika fragmental kasar yang terpilah buruk hingga sangat buruk. Proses abrasi dan pencucian fosil belum terjadi dengan baik. Batuan ini pada umumnya terendapkan di fasies sayap terumbu (SMF5-FZ4; *reef flank facies*), yang mengakhiri runtunan batuan di lokasi penelitian.



Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.168 Batugamping terumbu koral (cor) bermatriks lumpur karbonat (cmd) yang merupakan salah satu kepingan *packstone* penyusun bagian atas Formasi Wonosari. Batuan ini merupakan endapan sayap terumbu. Kode sampel SGT208P, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang.

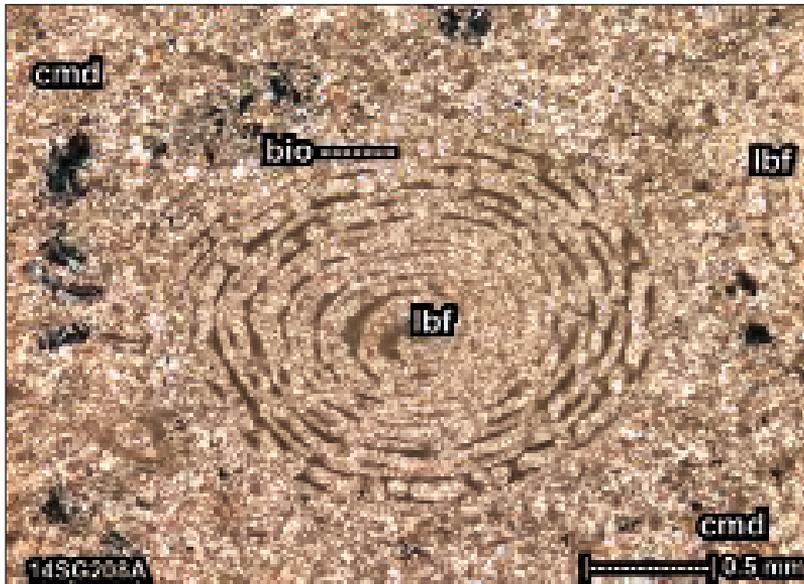
c. Proses Diagenesis

Batugamping di lokasi penelitian, terpengaruh oleh proses diagenesis seiring dengan waktu pengendapan, penimbunan, pengangkatan, penyingkapan batuan, serta pengaruh perubahan air laut dan air tawar. Data hasil pengujian petrografi menunjukkan beberapa rekaman proses diagenesis yang terawetkan pada batugamping Formasi Wonosari di lokasi Ngrijang Sengon, meliputi bioturbasi, pengisian rongga fosil, penggantian, penyemenan, penghablurulan, pemikritan, pembentukan mineral authigenik, pemampatan, pelarutan, dan peretakan.

Bioturbasi

Bioturbasi atau perusakan fosil oleh mikro-organisme teramati di beberapa sampel dengan intensitas lemah. Kenampakan beberapa fosil yang mengalami pengeboran

(*boring*; Choquette & Pray, 1970) terlihat dengan konsentrasi lumpur karbonat pada beberapa fosil, khususnya moluska dan ganggang merah. Proses bioturbasi ini secara umum tidak merusak tekstur dan struktur awal batuan (Gambar 7.169). Kenampakan galian (*burrowing*) teramati di lapangan, tetapi di sayatan pipih tidak teridentifikasi.



Sumber: Maryanto (2015a)

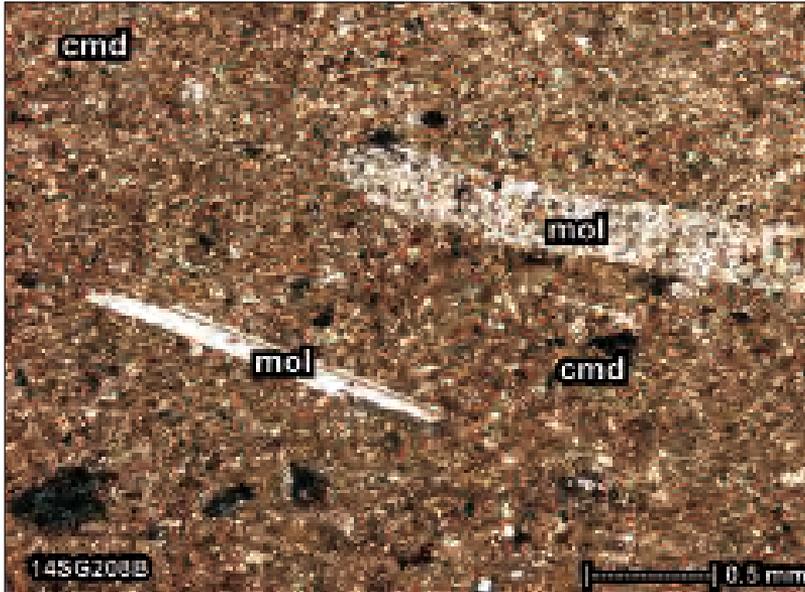
Gambar 7.169 *Wackestone* penyusun bagian bawah Formasi Wonosari yang didukung matriks lumpur karbonat (cmd) dengan foraminifera besar bentonik (lbf) yang masih baik meskipun telah terkena bioturbasi (pengeboran; bio). Kode sampel SGT208A, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang.

Pengisian Rongga Fosil

Segera sesudah pengendapan, beberapa rongga fosil, khususnya fosil foraminifera kecil, yang masih kosong terisi oleh lumpur karbonat, dengan intensitas pengisian lemah hingga sedang, dan terjadi pada kebanyakan sampel batugamping. Lumpur karbonat ini mengisi secara penuh atau mengisi sebagian (bagian bawah) rongga fosil. Isian berikutnya yang berupa semen karbonat kalsit merupakan proses penyemenan yang umumnya berlangsung pada zona diagenesis meteorik. Isian rongga secara bersama-sama oleh lumpur karbonat yang diikuti oleh semen karbonat ini disebut sebagai struktur geopetal (Scholle, 1978).

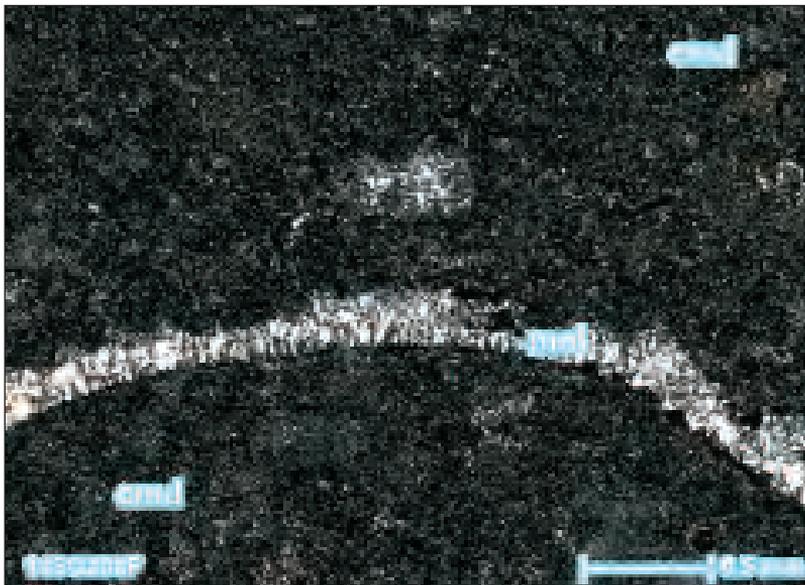
Penggantian

Proses penggantian terjadi pada semua sampel batuan, baik penggantian butiran maupun penggantian matriks, dengan intensitas penggantian lemah hingga



Sumber: Maryanto (2015a)

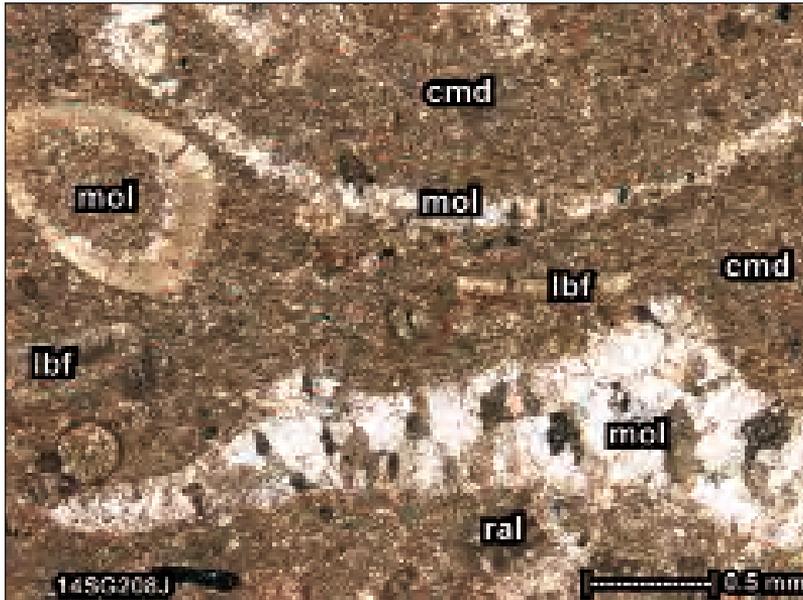
Gambar 7.170 Wackestone penyusun bagian bawah Formasi Wonosari yang terdukung matriks lumpur karbonat (cmd) dengan fosil moluska (mol) yang telah maupun yang belum tergantikan. Kode sampel SGT208B, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang.



Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.171 Wackestone penyusun bagian bawah Formasi Wonosari yang terdukung matriks lumpur karbonat (cmd) dengan fosil moluska (mol) yang telah tergantikan. Kode sampel SGT208F, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.172 *Wackestone* penyusun bagian tengah Formasi Wonosari yang terdukung matriks lumpur karbonat (cmd) dengan beberapa fosil foraminifera besar bentonik (lbf), ganggang merah (ral), dan kebanyakan moluska (mol) yang belum mupun yang telah tergantung, hingga terhablur ulang dan membentuk struktur siluman. Kode sampel SGT208J, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang.

intensif. Penggantian butiran karbonat terjadi pada beberapa fosil, seperti moluska, foraminifera, dan ganggang merah (Gambar 7.170). Proses penggantian fosil ini membentuk pseudosparit kalsit anhedral mosaik berukuran kristal halus hingga sedang. Proses penggantian fosil terjadi terbatas di beberapa batuan, khususnya fosil moluska setelah melalui fase pelarutan, yang tergantung oleh kristal kalsit sangat halus anhedral (Gambar 7.171). Fosil menjadi tidak teridentifikasi lagi akibat proses penggantian ini meskipun beberapa individu fosil masih tampak dari bentuk pinggiran butirannya. Rusaknya fosil lebih banyak diakibatkan oleh proses penghablurulangan (Gambar 7.172). Penggantian matriks lumpur karbonat membentuk mikrosparit kalsit berkrystal sangat halus hingga halus, berstruktur mosaik anhedral hingga mosaik granular, dan dijumpai merata.

Penyemenan

Proses penyemenan batugamping di lokasi penelitian berjalan kurang optimal karena jenis batuan sendiri yang kurang menyisakan keporian primer untuk diisi oleh semen. Semen karbonat kalsit pada umumnya berfungsi sebagai pengisi

rongga dalam dan antarpartikel serta beberapa rongga retakan dan gerowong pelarutan. Penyemen awal, yang berasal dari lingkungan diagenesis laut, hadir tinggal sisanya saja karena sebagian besar telah rusak oleh semen dari lingkungan meteorik. Semen yang terawetkan pada umumnya berasal dari lingkungan diagenesis meteorik, berstruktur mosaik drus anhedral, dan berukuran kristal halus hingga sedang. Hampir semua rongga tersebut telah terisi oleh semen dari lingkungan meteorik ini. Penyemenan fase kedua juga berlangsung di lingkungan meteorik, khususnya penyemenan rongga gerowong akibat pelarutan permukaan. Penyemen terakhir ini berlangsung bersama-sama dengan penyemen nonkarbonat, yaitu silika (kuarsa), oksida besi, dan mineral lempung authigenik. Penyemenan kuarsa paling sering terjadi di lokasi penelitian, khususnya di runtunan batuan bagian tengah dan atas. Semen kuarsa ini bertekstur mosaik anhedral saling mengunci hingga kalsedoni, berukuran sangat halus hingga sedang, mengisi secara sempurna sisa rongga pelarutan yang ada di dalam batugamping. Keberadaan mineral kuarsa sekunder ini menjadikan batugamping semakin padat dan keras, bahkan di beberapa lapisan tampak seperti pembintalan lapisan tersendiri, dengan ketebalan mencapai 20 cm. Dengan demikian, batugamping silikaan ini telah dipakai oleh manusia purba sebagai peralatan rumah tangga dan berburu pada saat itu.

Penghablurulan

Rekaman proses rekristalisasi hadir di beberapa sampel batuan, khususnya merusak butiran karbonat dengan jumlah cukup nyata. Hasil proses penghablurulan tersebut adalah sparit semu (*pseudosparite*) kalsit berstruktur mosaik anhedral polimodal berukuran halus hingga kasar, dengan kristal saling mengunci. Keadaan ini menyebabkan fosil hanya teridentifikasi dari pola butiran awal yang membentuk struktur siluman (*ghost structure*; Gambar 7.172).

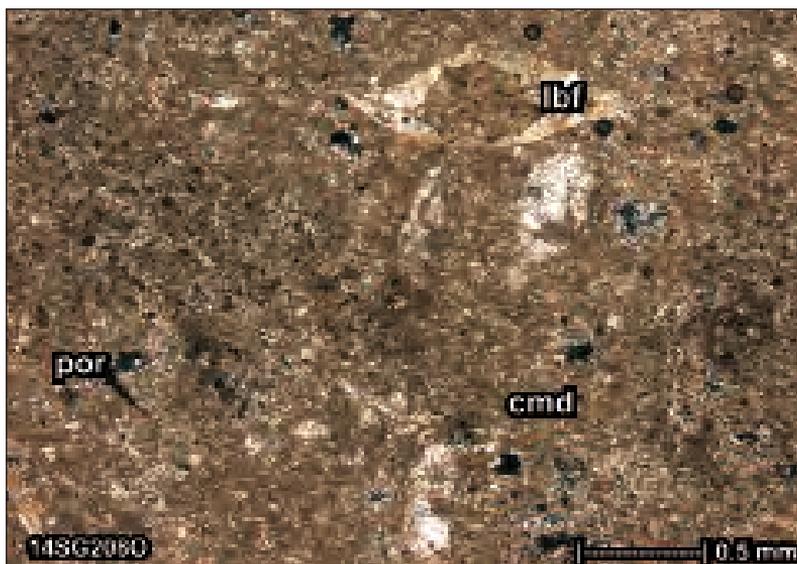
Pemikritan

Rekaman proses pemikritan hanya teramati pada beberapa sampel batuan dengan intensitas lemah (Gambar 7.173). Lumpur karbonat sebagai hasil pemikritan terkonsentrasi di bagian pinggir butiran karbonat, yang oleh beberapa ahli disebut sebagai semen mikritik, seperti pada bagian pinggir fosil bryozoa, moluska, foraminifera besar, dan ganggang merah. Semen mikritik ini tersebar setempat-setempat tidak merata dengan jumlah sangat terbatas.

Pembentukan Mineral Authigenik

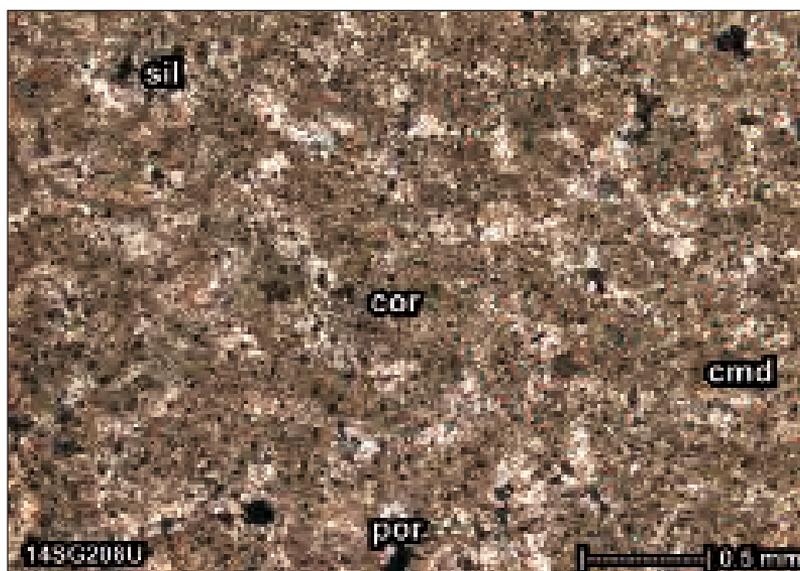
Penyemen utama batuan adalah semen karbonat yang berasal dari lingkungan meteorik freatik dan sangat jarang semen nonkarbonat dari lingkungan meteorik

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.173 Wackestone penyusun bagian tengah Formasi Wonosari yang terdukung matriks lumpur karbonat (cmd) yang sebagian larut membentuk keporian (por) atau terisi oleh kristal sangat halus kuarsa anhedral. Tampak fosil foraminifera besar bentonik (lbf) termikritkan. Kode sampel SGT2080, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang.



Sumber: Maryanto (2015a)

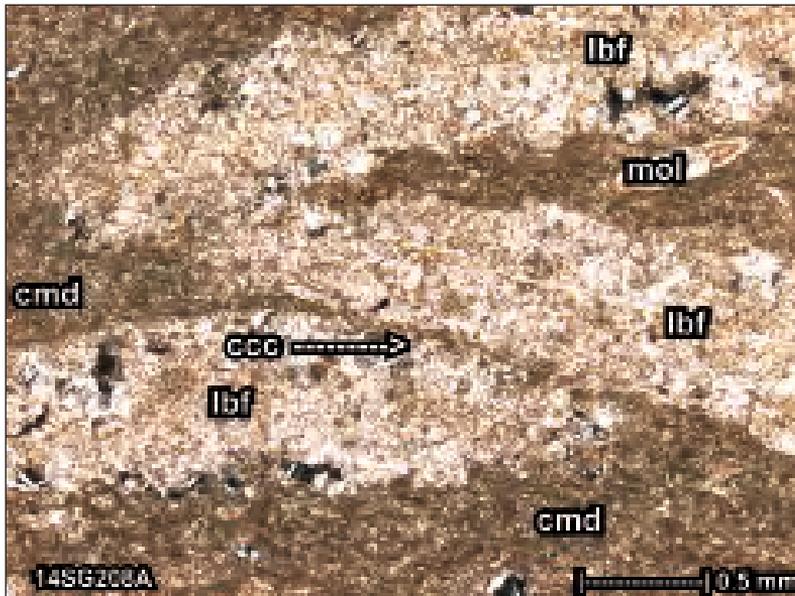
Gambar 7.174 Batugamping terumbu karal yang merupakan salah satu kepingan *packstone* penyusun bagian atas Formasi Wonosari. Tampak kerangka karal yang larut membentuk keporian (por), sebagian terisi kristal kalsit atau kuarsa halus anhedral (sil). Kode sampel SGT208U, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

vados. Semen karbonat kalsit pada umumnya berfungsi sebagai pengisi rongga dalam dan antarpartikel. Beberapa mineral authigenik, seperti mineral lempung dan oksida besi, hadir di beberapa batuan dengan intensitas lemah. Selain kedua mineral authigenik tersebut, ada mineral sekunder yang terbentuk secara cukup nyata, yaitu kuarsa sekunder (Gambar 7.174). Kuarsa sekunder sebagai pengisi rongga, yang sekaligus berfungsi sebagai penyemen, berkristal sangat halus hingga sedang berstruktur mosaik anhedral saling mengunci hingga kalsedoni, seperti pada subbab penyemenan. Pembentukan mineral authigenik oksida besi dan mineral lempung terkonsentrasi di bagian bawah dan tengah runtunan batuan, sedangkan pembentukan mineral kuarsa sekunder umumnya terjadi di bagian tengah dan atas runtunan batuan.

Pemampatan

Rekaman proses pemampatan batuan terlihat pada beberapa sampel batuan dengan intensitas lemah hingga sedang, dicirikan dengan bentuk hubungan butir memanjang dan melengkung (Gambar 7.175). Penciri proses pemampatan yang lain adalah keberadaan pola lapisan stilolit amplitudo rendah pada beberapa sampel batuan.



Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.175 *Wackestone* penyusun bagian tengah Formasi Wonosari yang mendukung matriks lumpur karbonat (cmd) dengan beberapa fosil foraminifera besar bentonik (lbf) dan moluska (mol). Tampak hubungan butiran melengkung akibat pemampatan. Kode sampel SGT208M, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang.

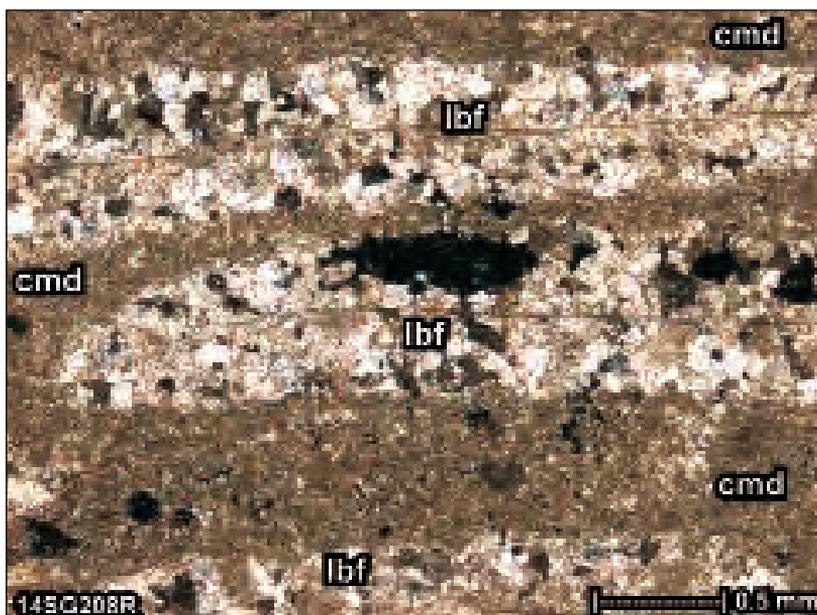
Buku ini tidak diperjualbelikan.

Pelarutan

Pelarutan batugamping dapat terjadi pada berbagai lingkungan diagenesis meskipun pada umumnya berlangsung di lingkungan meteorik vados, seperti yang masih terjadi di lokasi Ngrijang Sengon. Proses pelarutan yang terjadi tidak memilih kemas, yaitu terjadi secara acak pada seluruh komponen batugamping, baik pada butiran maupun penyemen. Hasil proses pelarutan tersebut adalah keporian sekunder jenis gerowong tidak teratur (Gambar 7.176). Keporian yang dijumpai dapat berukuran mikro hingga besar dan telah berhubungan antarsesamanya yang membentuk jenis keporian saluran.

Peretakan

Retakan dan kekar tektonik hadir terbatas pada sampel batugamping. Kekar gerus hadir berupa kekar rambut yang memotong butiran dan material lainnya. Retakan batuan lebih banyak terjadi sebagai kegiatan biota tumbuh-tumbuhan di permukaan sekarang ini. Rongga retakan tersebut sebagian kecil masih tetap kosong, meninggalkan jenis keporian retakan. Sebagian retakan tersebut telah terisi oleh semen karbonat dari lingkungan meteorik freatik berstruktur mosaik drus anhedral berukuran kristal sangat halus hingga halus.



Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.176 Wackestone penyusun bagian atas Formasi Wonosari yang terduduk matriks lumpur karbonat (cmd). Tampak fosil foraminifera besar bentonik (lbf) terhablur ulang, dan sebagian larut meninggalkan rongga keporian sekunder. Kode sampel SGT208R, lihat Gambar 7.160, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

d. Diskusi

Secara regional, Formasi Wonosari merupakan bagian paparan karbonat, khususnya paparan karbonat terbatas (*rimmed carbonate platform*; Read, 1985), dengan arus kuat (Lokier, 2000). Paparan karbonat tersebut diperkirakan tersebar berarah barat-timur dengan posisi cekungan berada di bagian utara (Siregar, 2004; Praptisih dkk., 2005). Meskipun demikian, dengan mempertimbangkan bahwa kedudukan tektonik pada saat batugamping tersebut terendapkan adalah di busur depan (Siregar, 2004) dan perkembangan tektonik Nogen Asia Tenggara (Hall, 2001), dapat diduga bahwa kedudukan cekungan berada di sebelah selatan lokasi penelitian.

Data lapangan dan petrografi tidak memperlihatkan posisi cekungan di lintasan penelitian, tetapi hanya memperlihatkan perubahan lingkungan pengendapan secara vertikal. Mukti (2005) mengatakan bahwa lingkungan pengendapan batugamping tersebut meliputi bangunan terumbu (*reef zone*) atau dangkalan luar (*outer shelf*), cekungan lerengan luar (*basin to outer slope*) dan lerengan atas hingga tengah (*middle to upper slope*) yang terletak di utara bangunan terumbu, serta lingkungan dangkalan dalam terumbu belakang (*back reef to inner shelf*) di sebelah selatan dan barat bangunan terumbu. Lingkungan pengendapan batugamping di lokasi penelitian berkisar dari sayap terumbu hingga teluk atau kubangan sangat terbatas.

Hubungan bagian terbawah batugamping Formasi Wonosari dengan satuan batuan yang ditindihnya tidak diketahui. Bagian bawah runtunan stratigrafi batugamping ini terendapkan di lingkungan pengendapan laut dangkal dengan sirkulasi terbuka. Lingkungan pengendapan ini relatif stabil di bagian bawah runtunan stratigrafi, tanpa adanya pengaruh gunungapi seperti yang terjadi pada batugamping Formasi Sentolo dan Formasi Jonggrangan di daerah Kulonprogo (Maryanto, 2012, 2013). Konsentrasi bioklas yang pada umumnya adalah foraminifera besar bentonik, moluska, ganggang merah, dan echinodermata adalah penciri endapan laguna (Tucker & Wright, 1990, Omana & Alencaster, 2009), baik dengan sirkulasi air terbuka maupun tertutup. Keberadaan moluska yang cukup nyata pada beberapa sampel di lokasi penelitian menunjukkan lingkungan laut dangkal (Harzhauser & Piller, 2009).

Fluktuasi muka air laut terjadi lebih intensif di bagian tengah runtunan batuan. Sebagai akibatnya, lingkungan sering bergantian dari laut dangkal dengan sirkulasi terbuka, dangkalan laguna, teluk hingga kubangan sangat terbatas, hingga sayap terumbu. Meskipun lingkungan sering kali bergantian, komponen biota yang dijumpai relatif masih sama. Identifikasi perbedaan lingkungan tersebut

adalah tekstur dan kelimpahan tiap-tiap bioklas (Mateu-Vicens dkk., 2007). Dijumpainya beberapa kepingan batuan terumbu pada *packstone* atau *floatstone* mencirikan fasies sayap terumbu (Flugel, 2004), khususnya yang berada di bagian atas runtunan batuan.

Bagian atas runtunan, lingkungan pengendapan masih beragam, dari lerengan atau cekungan lokal pada dangkalan laguna, tepi lerengan dan landaian pada paparan tertampi, hingga sayap terumbu. Pergeseran lingkungan pengendapan ini wajar terjadi sebagai akibat naik-turunnya muka air laut secara lokal pada saat itu (Kindler & Hearty, 1996). Meskipun fasies sayap terumbu telah ditemukan, fasies lereng depan terumbu tidak dijumpai. Dengan demikian, lingkungan pengendapan batugamping Formasi Wonosari tidak pernah berada di landaian dalam, apalagi di lingkungan cekungan laut dalam.

Berdasarkan pengukuran stratigrafi rinci yang telah dilakukan, tampak ketebalan lapisan batuan relatif homogen. Ketebalan lapisan batuan yang relatif homogen tidak mencerminkan lingkungan pengendapan yang sama (Burgess, 2008). Sama halnya, perbedaan ketebalan lapisan batuan juga tidak mencerminkan perbedaan lingkungan pengendapan. Yang menjadi penentu pembedaan lingkungan pengendapan adalah struktur, tekstur, dan komposisi batuan (Flugel, 1984). Secara umum, terlihat bahwa pengendapan batugamping di lokasi penelitian adalah genang laut, berakhir pada fasies sayap terumbu, dan ditutupi oleh formasi batuan di atasnya tidak diketahui. Dengan demikian, masih menjadi pertanyaan seperti apakah akhir pengendapan batugamping Formasi Wonosari tersebut.

Proses diagenesis yang berpengaruh terhadap batugamping Formasi Wonosari di Ngrijang Sengon, Pacitan, telah berlangsung segera sesudah batuan terendapkan, selama penimbunan formasi, hingga batuan tersingkap di permukaan sekarang ini, yang ringkasan sejarahnya terlihat pada Gambar 7.177. Proses diagenesis yang satu berlangsung cukup intensif ini (Asy'ari & Winardi, 2014) berlangsung secara bersamaan atau menyusul mengikuti proses diagenesis lainnya (Maryanto, 2012).

Sesuai dengan jenis batuan yang ada, yaitu *packstone*, *wackestone*, dan *floatstone*, proses penyemenan awal dari lingkungan laut (Munnecke dkk., 1997), seperti yang diulas oleh Braithwaite dkk. (2000), tidak berjalan dengan baik. Hal ini terjadi karena rongga dalam partikel dan antarpartikel kebanyakan sudah terisi dahulu oleh lumpur karbonat. Penyemenan pada lingkungan penimbunan laut (*marine-burial diagenesis*; James, 1991; Melim dkk., 2001; Ramadan dkk., 2004) juga kurang teramati dengan baik. Penyemenan terbanyak terjadi pada saat batuan terangkat ke permukaan, yaitu di lingkungan meteorik freatik (*phreatic*

PROSES DIAGENESIS	WAKTU RELATIF			
	LAUT	PENIMBUNAN	METEORIK	PENYINGKAPAN
Semen Kalsit Isopachus	█			
Semen Kalsit Mosaik		█		
Pembentukan Kuarsa Sekunder			█	
Pembentukan Oksida besi			█	
Pembentukan Mineral Lempung			█	
Penggantian		█		
Bioturbasi	█			
Pemikritan	█			
Rekristalisasi		█		
Pemampatan		█		
Peretakan		█		
Pelarutan	█		█	

Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.177 Sejarah Proses Diagenesis dalam Kaitannya dengan Waktu Relatif pada Batugamping Formasi Wonosari di Ngrijang Sengon, Pacitan

meteoric; Longman, 1980), dengan kristal mosaik drus anhedral. Beberapa isian semen yang menyusul isian lumpur karbonat yang membentuk struktur geopetal pada beberapa sampel, mengindikasikan naik-turunnya permukaan laut yang bersamaan dengan pembentukan batuan di lingkungan sayap terumbu (Flugel 1982, 2004). Selain semen karbonat, beberapa jenis semen nonkarbonat dijumpai pada batugamping Formasi Wonosari yang berasal dari lingkungan meteorik (Asy'ari & Winardi, 2014). Penyemen nonkarbonat tersebut adalah oksida besi dan mineral lempung. Pembentukan mineral lempung tersebut berkaitan erat dengan pembentukan paleosoil yang dikontrol oleh proses diagenesis dari lingkungan meteorik vados (Winardi dkk., 2013). Selain itu, pembentukan mineral kuarsa sekunder berjalan seiring dengan adanya sirkulasi larutan jenuh silika (Hobbs dkk., 2010) di lingkungan meteorik (Vilasi dkk., 2006).

Meskipun jumlahnya sangat terbatas, rekaman proses pemikritan yang ada di beberapa batuan mencerminkan adanya proses diagenesis di lingkungan air tawar (Bathurst, 1975; Ulmer-Scholle & Mosley, 2000). Proses pemikritan ini berhubungan erat dengan proses pelarutan dan penggantian karena pengaruh mikroba (Kolo dkk., 2007). Bagian pinggir fosil, seperti moluska, ganggang, dan foraminifera, tampak tergantikan menjadi lumpur karbonat secara setempat, sesuai dengan rongga pelarutan akibat kegiatan mikroba tersebut.

Proses penggantian terekam pada matriks dan butiran karbonat atau disebut sebagai penggantian atau penghablurulan dengan kemas tidak terseleksi (*nonselected fabric replacement or recrystallization*; Moore, 1997). Proses penggantian dan penghablurulan pada umumnya berlangsung pada zona diagenesis penimbunan (Moore, 1997). Penggantian matriks lumpur karbonat membentuk mikrosparit kalsit anhedral sangat halus yang tersebar kurang merata. Penggantian pada beberapa fosil, khususnya fosil moluska, terjadi segera sesudah pengendapan batuan tanpa melalui fase pelarutan (Bathurst, 1975), yang menyisakan struktur dalam fosil moluska. Penggantian beberapa fosil berlanjut terus hingga menjadi proses penghablurulan yang merusak struktur dalam fosil.

Pemampatan terekam samar-samar pada batugamping di lintasan penelitian, begitu pula dengan rekaman proses peretakan yang sangat jarang terlihat. Kurang kuatnya rekaman proses pemampatan yang tecermin dengan pola hubungan butir ini disebabkan oleh 1) komponen batuan dikuasai oleh lumpur karbonat sehingga hubungan butir terlihat mengambang atau 2) komponen batuan baik matriks maupun butiran karbonat telah tergantikan dan terhablur ulang. Selain hal tersebut, secara regional (Samodra dkk., 1992; Suroño dkk., 1992), tidak dijumpai suatu satuan batuan yang cukup tebal yang menindih batugamping Formasi Wonosari sehingga proses pemampatan tidak berlangsung efektif.

Proses pelarutan yang membentuk rongga keporian gerowong hingga gua dan saluran (*cavern and channelling*; Choquette & Pray, 1970) lebih tampak di lapangan daripada di bawah mikroskop polarisasi. Proses pelarutan ini cukup efektif berlangsung karena lokasi penelitian merupakan bukit terjal dengan morfologi lebih tinggi daripada morfologi sekitarnya.

Dalam kaitannya dengan istilah *rijang* (Ernawan, 2000), terbukti bahwa tidak ada komponen *rijang* (*chert*) yang dijumpai di lokasi penelitian. Oleh penulis tersebut, istilah *rijang* dimaksudkan untuk mengidentifikasi batugamping yang sangat keras dan dipakai sebagai bahan beliung oleh manusia purba. Di lain pihak, *rijang* hanya dapat ditemukan sebagai endapan laut dalam yang tidak gampingan. Lingkungan pengendapan batugamping di lokasi ini tidak pernah terjadi di laut dalam. Keberadaan beberapa kuarsa sekunder di dalam batugamping semata-mata karena proses diagenesis, yaitu pembentukan mineral authigenik kuarsa atau dapat disebut sebagai proses penyemenan. Beberapa rongga pelarutan pada batugamping tersebut, kemudian terisi oleh kristal kuarsa halus anhedral dari lingkungan diagenesis meteorik (Moore, 1997). Unsur silika yang mengisi sebagian rongga gerowong tersebut diperkirakan berasal dari Formasi Kalipucang, bersamaan dengan proses pengangkatan batuan. Pengisian rongga atau proses penyemenan

pada zona meteorik vados masih berlangsung hingga sekarang, membentuk oksida besi dan mineral lempung authigenik. Istilah *flintstone* (Schmid, 2011) lebih tepat daripada *chert*, untuk memberi istilah pada batugamping silikaan yang ada di lokasi penelitian. Pengisian rongga oleh kristal kuarsa ini membuat batugamping itu lebih padat dan keras sehingga digunakan manusia purba pada saat itu untuk peralatan berburu dan rumah tangga.

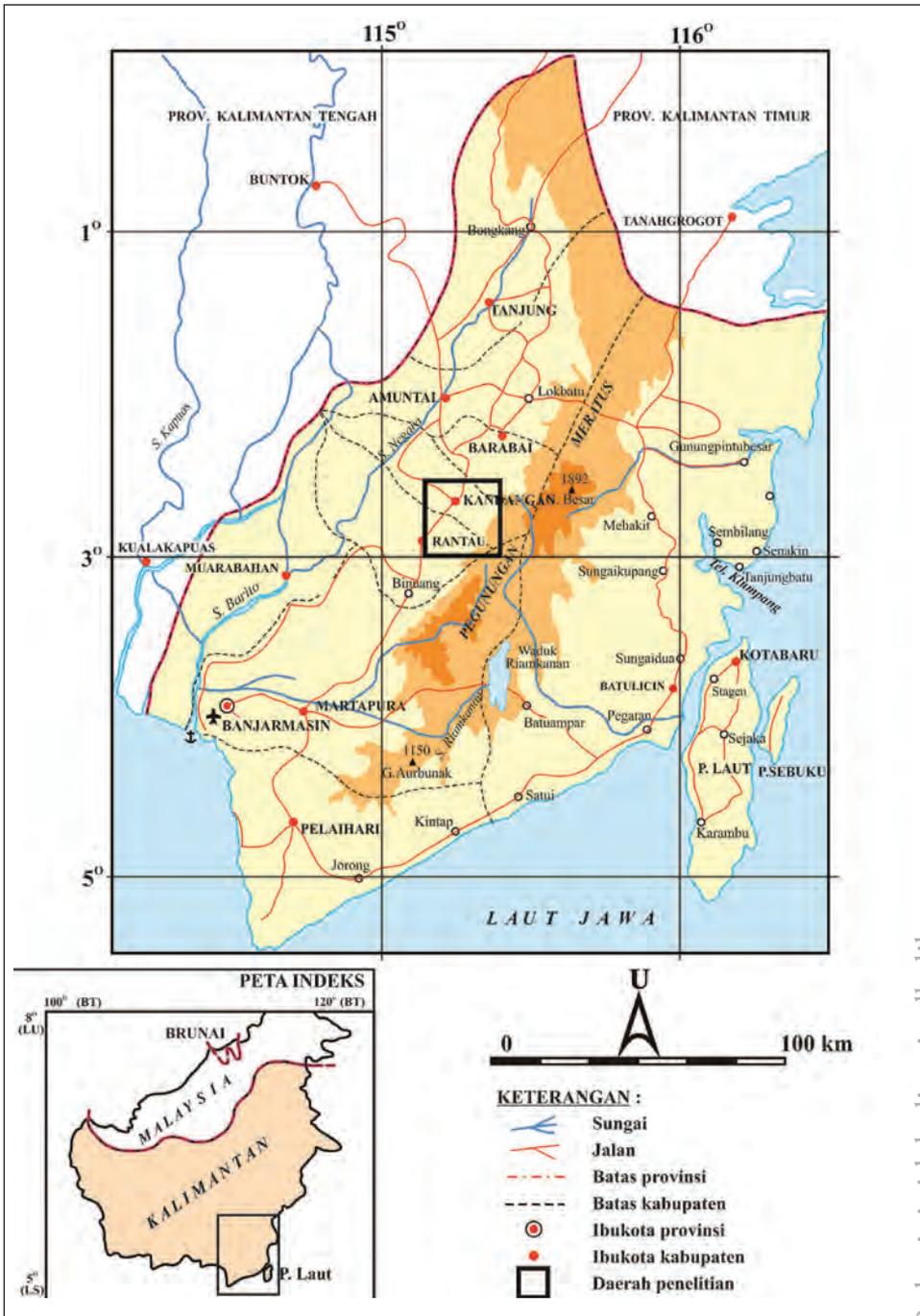
F. FORMASI BERAI DI KALIMANTAN SELATAN

1. GAMBARAN UMUM

Gunung Talikur secara administratif merupakan bagian wilayah Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan (Gambar 7.178). Morfologi gunung ini terpola memanjang berarah timur laut–barat daya sesuai dengan arah memanjangnya Pegunungan Meratus, dan mempunyai morfologi cukup menonjol apabila dibanding dengan morfologi di sekitarnya. Batuan penyusun utama Gunung Talikur adalah batugamping yang termasuk ke dalam Formasi Berai, batuanannya berlapis dan tersingkap dari kaki hingga puncak gunung. Formasi Berai merupakan salah satu satuan batugamping Oligo-Miosen di Indonesia bagian barat yang diperkirakan dapat berfungsi sebagai batuan waduk minyak dan gas bumi (Doust & Noble, 2008; Wiyanto dkk., 2009). Pencarian minyak dan gas bumi pernah dilakukan pada batugamping Formasi Berai untuk mencari batuan waduk hidrokarbon (Menzies & Callow, 2013; Pireno dkk., 2011; Terry, 2015). Meskipun demikian, hingga sekarang ini prospeksi batugamping Formasi Berai sebagai batuan waduk hidrokarbon belum ditindaklanjuti.

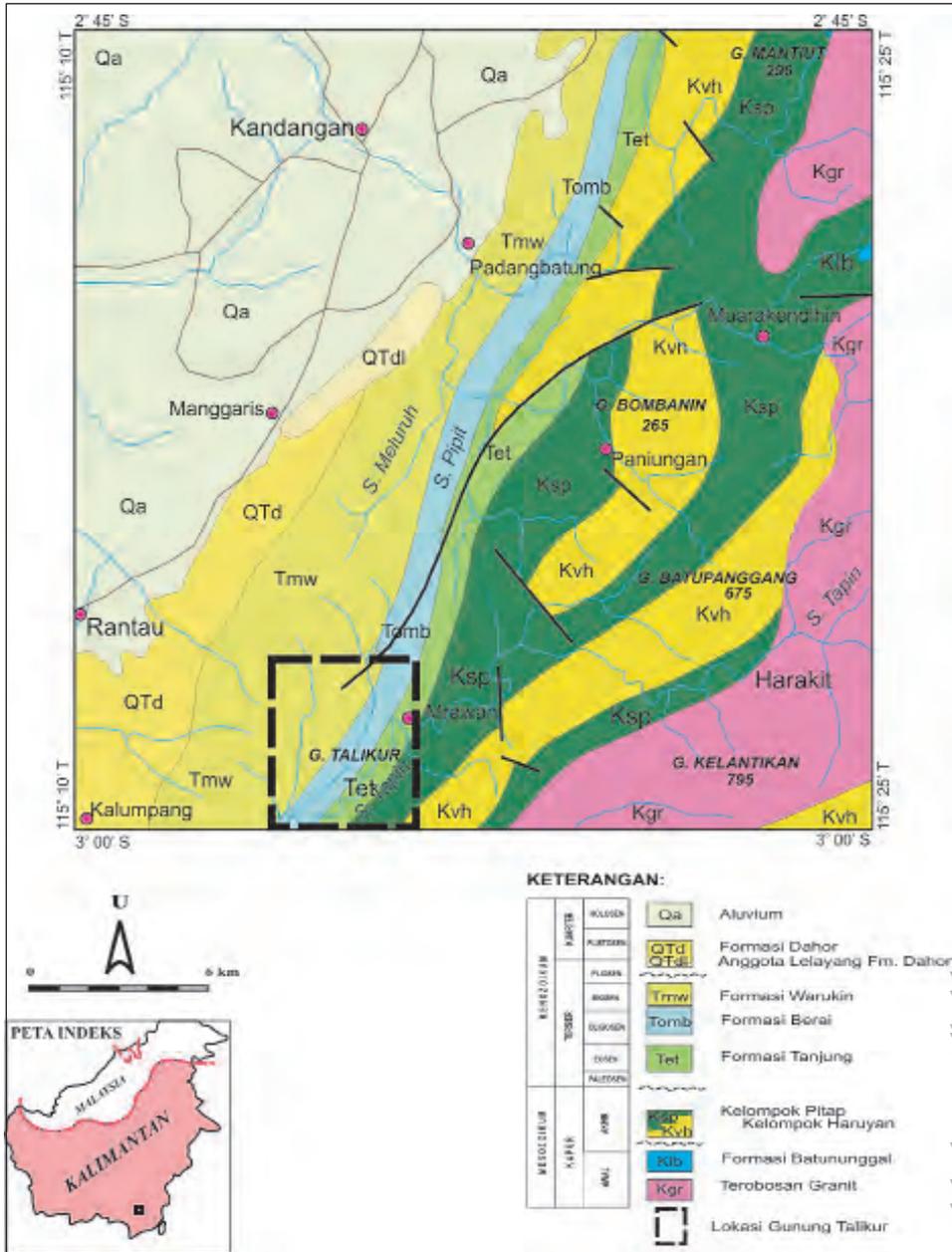
Menurut Maryanto (2016b), permasalahan yang ada hingga saat ini belum dilakukan penelitian sedimentologi secara terperinci pada batugamping Formasi Berai tersebut. Dengan demikian, hasil penelitian Maryanto (2016b) tersebut bertujuan guna mengetahui proses sedimentologi dan perkembangan lingkungan pengendapan batugamping Formasi Berai di Gunung Talikur dan sekitarnya berdasarkan data petrografi dalam kaitannya dengan pembagian mikrofases batugamping. Objek penelitian adalah batugamping penyusun Formasi Berai yang tersingkap di Gunung Talikur dan sekitarnya, Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan.

Keadaan geologi regional daerah penelitian telah dibahas dalam Heryanto (2010), yang menyatakan bahwa Cekungan Barito (Pegunungan Meratus) didukung oleh batuan beragam umur. Batuan tertua di daerah penelitian adalah Granit Belawayan yang merupakan bagian kerak benua (Hartono dkk., 2000), Batuan malihan Sekis (Setiawan dkk., 2015; Sikumbang & Heryanto, 2009;



Gambar 7.178 Lokasi Daerah Penelitian di Gunung Talikur dan Sekitarnya, Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Heryanto & Sanyoto (2007)

Gambar 7.179 Peta Geologi Daerah Rantau-Kandangan dan Lokasi Gunung Talikur

Zulkarnain dkk., 1996), dan Batuan Ultramafik (Sikumbang, 1986). Batuan ini tertindih batugamping Formasi Batununggal yang berumur Kapur Awal, baik sebagai autokton maupun alokton (Maryanto dkk., 2014). Selanjutnya, kelompok

Buku ini tidak diperjualbelikan.

batuan Kapur Akhir tersingkap di daerah penelitian yang terdiri atas batuan sedimen klastika kasar Formasi Pudak, batuan sedimen klastika halus laut dalam Formasi Keramaian, batuan sedimen klastika gunungapi Formasi Manunggul, batuan gunungapi Formasi Pitanak, dan batuan vulkaniklastika kasar Formasi Paau (Heryanto dkk., 1998).

Kelompok Paleogen-Neogen (Margono, 2012; Margono dkk., 1997; Heryanto & Sanyoto, 1994; Gambar 7.179) diawali dengan pengendapan batuan sedimen klastika Formasi Tanjung yang berumur Eosen Akhir, diikuti oleh batugamping Formasi Berai yang berumur Oligosen-Miosen, ditindih selaras oleh batuan sedimen klastika Formasi Warukin yang berumur Miosen Tengah, dan batuan sedimen klastika kasar Formasi Dahor yang berumur Plio-Plistosen. Batugamping Formasi Berai tersingkap memanjang timur laut–barat daya, sesuai dengan arah memanjangnya Pengunungan Meratus. Perbukitan memanjang ini mempunyai morfologi sangat menonjol, yaitu tebing sangat curam dengan beda ketinggian mencapai 80 meter.

2. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data geologi di lokasi lintasan terpilih, khususnya data sedimentologi dengan pembuatan kolom stratigrafi rinci. Kolom stratigrafi yang dimaksud adalah kolom litostratigrafi terukur yang dilengkapi dengan ciri-ciri dan perkembangan litologi dalam suatu runtunan batuan. Sampel batuan dipilih secara berurutan sesuai dengan runtunan stratigrafi yang dijumpai, dengan sampel diusahakan berkeadaan cukup segar.

Guna melengkapi data yang diperoleh di lapangan, dilakukan analisis petrografi batugamping di laboratorium. Pengujian petrografi terhadap beberapa sampel batugamping di lintasan ini digunakan untuk mempertajam analisis dan interpretasi aspek sedimentologi batugamping. Aspek petrografi yang penting untuk diidentifikasi meliputi 1) proporsi komponen utama batugamping, seperti butiran karbonat, butiran terigen, matriks, semen, material neomorfisme, dan keporian batuan; 2) identifikasi jenis dan karakter tiap-tiap komponen; 3) tekstur batuan yang meliputi kemas, pemilahan, bentuk butiran, hubungan butiran, dan ukuran butiran. Penggolongan jenis batugamping yang ada didasarkan kepada klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962) yang telah disempurnakan oleh Embry dan Klován (1971). Analisis lingkungan pengendapan batugamping dikelompokkan berdasarkan pembagian standar mikrofaseis (selanjutnya disingkat SMF menurut Flugel, 1982, 2004) yang merupakan pengembangan dari sabuk fasies (selanjutnya disingkat FZ menurut Wilson, 1975). Sebagai pembanding,

diacu pula dari beberapa penulis yang membahas tentang mikrofases dan lingkungan pengendapan batugamping, seperti Andreeva (2008), Carozzi (1989), Harzhauzer dan Piller (2009), Jones dan Desrochers (1992), Kendall (2005), Kindler dan Hearty (1996), Omana dan Alencaster (2009), Read (1985), Schlager dan Reijmer, (2009), Tucker (2001), serta Tucker dan Wright (1990).

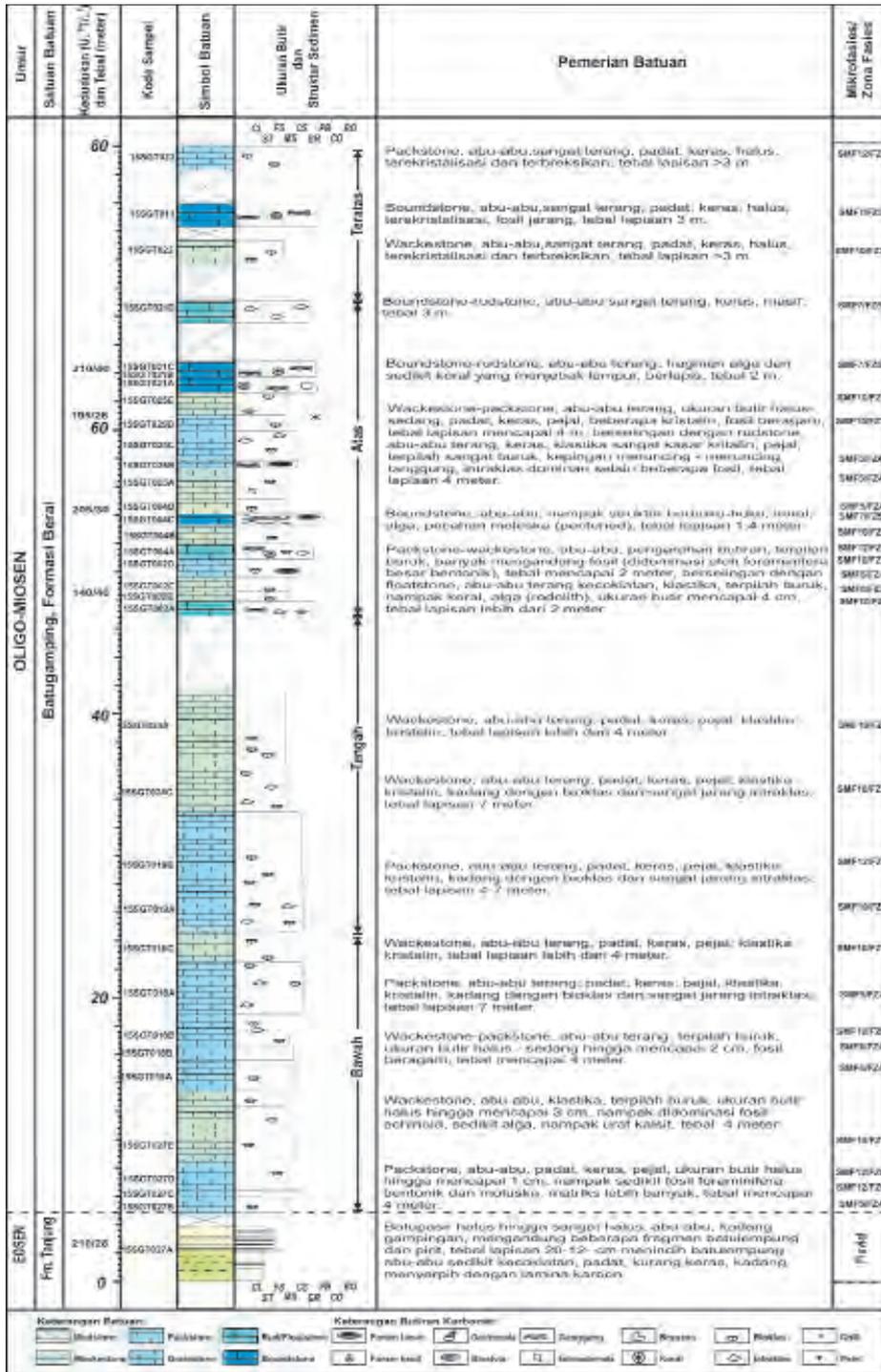
3. HASIL PENELITIAN

a. *Kenampakan Lapangan*

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan oleh Maryanto (2016b), secara umum dapat diketahui bahwa batugamping Formasi Berai di Gunung Talikur dan sekitarnya terdiri atas batugamping bioklastika berlapis hingga batugamping nonklastika dengan ketebalan total tidak lebih dari 80 m (Gambar 7.180). Batugamping Formasi Berai ini dahulu pernah ditambang untuk ornamen yang hanya menyisakan buangan tambang teronggok di tebing bukit (Gambar 7.181). Sisa buangan tambang ini dimanfaatkan penduduk sebagai bahan galian alas jalan dan bangunan.

Runtunan stratigrafi bagian bawah Formasi Berai di Gunung Talikur diawali dengan keberadaan batugamping *packstone*. Batugamping ini menindih selaras perlapisan batupasir dan batulempung penyusun Formasi Tanjung. Batugamping *packstone* tersebut terlihat berwarna abu-abu, padat, keras, berlapis buruk dengan ketebalan lapisan mencapai 4 m. Selanjutnya, batuan berkembang menjadi *wackstone* yang berlapis buruk dan sering kali memperlihatkan lapisan membintal (Gambar 7.182) dengan dominasi fosil echinodermata. Perkembangan berikutnya, batuan menjadi perlapisan antara *packstone* dan *wackstone* (Gambar 7.183). *Packstone* berwarna abu-abu terang, klastika kristalin, bioklas dominan dengan jenis beragam, berlapis buruk dengan ketebalan mencapai 7 m. *Wackstone* tampak berwarna abu-abu terang, klastika halus hingga sedang, kadang dengan pengarah butiran yang dikuasai oleh bioklas, berlapis buruk dengan ketebalan mencapai 4 m.

Bagian tengah runtunan batugamping di sekitar Gunung Talikur masih berupa *packstone* berwarna abu-abu terang, klastika kristalin, bioklas dominan dengan jenis beragam, berlapis buruk dengan ketebalan mencapai 7 m. Selanjutnya, batuan dikuasai oleh perlapisan *wackstone* yang berwarna abu-abu terang, klastika hingga klastika kristalin yang berukuran butir halus hingga sedang, kadang memperlihatkan pengarah butiran (Gambar 7.184) yang dikuasai oleh bioklas beragam jenis dan ukurannya, umumnya berlapis buruk dengan ketebalan mencapai 7 m.



Sumber: Maryanto (2015a)

Gambar 7.180 Kolom Stratigrafi Formasi Berai di Gunung Talikur dan Sekitarnya, Kalimantan Selatan

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2016b)

Gambar 7.181 Gunung Talik pada tebing barat di lokasi penelitian yang disusun oleh batugamping berlapis Formasi Berai dan telah diusahakan penduduk sebagai bahan galian. Difoto dari lokasi 15SGT01.



Sumber: Maryanto (2016b)

Gambar 7.182 Singkapan *wackestone* berlapis buruk dan membintal, menyusun bagian bawah Formasi Berai di lokasi penelitian. Difoto di lokasi 15SGT05, sebanding dengan lokasi 15SGT27.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2016b)

Gambar 7.183 *Packstone-wackestone* yang berlapis buruk, menyusun bagian bawah Formasi Berai di lokasi penelitian. Difoto di lokasi 15SGT18.



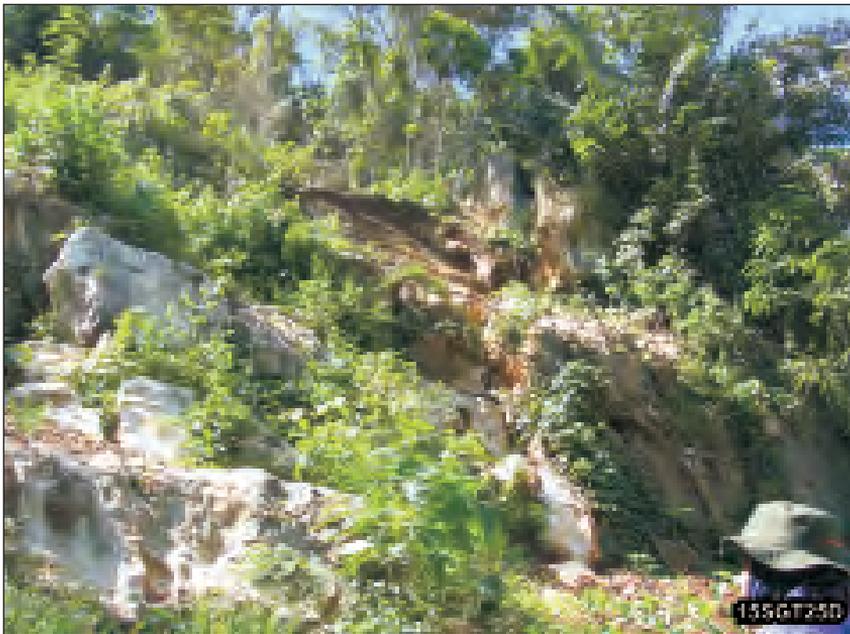
Sumber: Maryanto (2016b)

Gambar 7.184 *Wackestone* yang memperlihatkan pengarah butiran karbonat fosil, menyusun bagian tengah Formasi Berai di lokasi penelitian. Difoto di lokasi 15SGT19.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Bagian atas runtunan stratigrafi masih berupa perlapisan *packstone-wackestone* yang berwarna abu-abu hingga abu-abu terang, ukuran butiran halus hingga sedang yang kadang dengan pengarah bioklas beragam jenis dan ukuran, ketebalan lapisan 40 cm hingga mencapai 4 m (Gambar 7.185). Beberapa sisipan batugamping klastika sangat kasar (*floatstone* dan *rudstone*) serta batugamping nonklastika (*boundstone*) hadir di bagian atas runtunan stratigrafi ini. *Floatstone* berwarna abu-abu terang kecokelatan, terpilah sangat buruk, terdukung matriks dengan kepingan meruncing, berukuran mencapai 4 cm, terdiri atas koral dan ganggang merah, dengan ketebalan lapisan mencapai 2 m. *Rudstone* tampak berwarna abu-abu terang, terpilah sangat buruk, terdukung kepingan yang berbentuk sangat meruncing hingga meruncing, berupa intraklas-lithoklas dominan dan sedikit bioklas beragam, dengan tebal lapisan mencapai 4 m. Sisipan *boundstone* tampak berwarna abu-abu terang, umumnya terdukung matriks dengan koral dan ganggang merah yang menjebak lumpur karbonat, kadang memperlihatkan pola perlapisan buruk, dengan tebal mencapai 2 m.

Bagian teratas runtunan batuan hadir setempat-setempat, khususnya di sepanjang aliran sungai di sebelah barat Gunung Talikur, berupa lapisan *wackestone*, *packstone*, dan *boundstone*. *Wackestone* berwarna abu-abu sangat terang, ukuran butiran halus, kadang dengan pengarah bioklas beragam jenis dan ukuran,



Sumber: Maryanto (2016b)

Gambar 7.185 *Packstone-wackestone* yang berlapis sedang yang menyusun bagian atas Formasi Berai di bagian barat Gunung Talikur. Difoto di lokasi 15SGT25.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

beberapa terhablur ulang, tebal lapisan mencapai 4 m (Gambar 7.186). *Packstone* berwarna abu-abu terang, ukuran butiran sedang, kadang terhablur ulang dan terbreksikan, bioklas beragam jenis dan ukuran, ketebalan lapisan mencapai 3 m. *Boundstone* tampak berwarna abu-abu terang, umumnya terdukung matriks dengan koral dan ganggang merah yang menjebak lumpur karbonat dengan tebal mencapai 3 m.



Sumber: Maryanto (2016b)

Gambar 7.186 Bagian teratas batugamping penyusun Formasi Berai yang berupa sisa lapisan *wackestone* di sungai kecil sebelah barat Gunung Talikur. Difoto di lokasi 15SGT26.

b. Petrografi

Sejumlah 32 sampel batugamping penyusun Formasi Berai di lokasi Gunung Talikur dan sekitarnya telah diambil untuk diuji petrografi. Berdasarkan hasil uji petrografi yang telah dilakukan (Tabel 7.17), batugamping yang ada di lokasi penelitian tersebut terdiri atas beberapa fasies batugamping, yaitu *wackestone*, *packstone*, *grainstone*, dan *boundstone*.

Fasies Wackestone

Fasies batugamping *wackestone* hadir sebagai sisipan pada *packstone* di bagian bawah dan tengah runtunan batuan di lokasi penelitian. Batuan pada umumnya

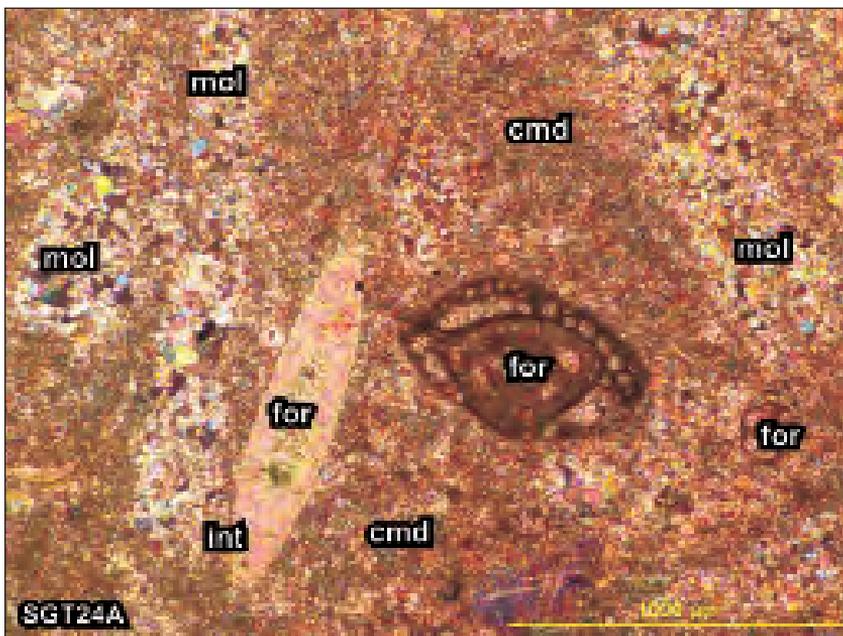
Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tabel 7.17 Ringkasan Analisis Petrografi Batuzampong Formasi Berai di Gunung Talikur dan sekitarnya, Kalimantan Selatan

PENGIRIHAN	SGT																				KETERANGAN
	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	
Struktur	
Textur	
Primitifitas	
Kerus	
Uk. butir (mm)	
Berai (Bair)	
Histogram butir	
% komposisi	
Batu Karbonat	
Berkas	
Terlokalisasi	
Distribusi	
Pdret joint	
Asiran Fingir	
Kandis	
Fidher	
Kapuran hitam	
Batu bara	
Mendy	
Lumpur karbonat	
Marsal lempang	
Preceper	
Otompati	
Oksida besi	
Lempang and gentak	
Suaru lain	
Asesorifone	
Mikropati	
Pseudopati	
Lumpur mikrobat	
Kevor	
Anatolitan peridit	
Pirax yang lar	
Gonyang	
Solubilitas yang lar	
Nano Batan	
SHF 177	
Jaur Bwale	
Sunggari	

Sumber: Maryanto (2016b) tidak diperjualbelikan.

pejal dengan tekstur bioklastika fragmental halus hingga sedang. Batuan terpilah buruk dan terdukung lumpur dengan butiran karbonat yang mulai tercuci dan terabrasi. Bioklas selalu hadir dan berupa fosil beragam meskipun masih dikuasai oleh foraminifera bentonik, ganggang merah, dan moluska (Gambar 7.187). Intraklas dan pelet hadir sangat jarang dengan penyebaran tidak merata. Matriks lumpur karbonat sebagian kecil tergantikan menjadi mikrosparit, dan beberapa bagian telah terhablur ulang membentuk pseudosparit bersama-sama dengan butiran karbonat. Penyemen hadir dengan jumlah sangat terbatas, terutama adalah orthosparit dan sangat jarang oksida besi. Material neomorfisme berupa mikrosparit, pseudosparit, dan lumpur pemikritan beberapa fosil. Fasies *wackestone* ini masih dijumpai di bagian atas dan teratas runtunan batuan meskipun lapisannya terbatas. Ukuran butirannya kadang menjadi sangat kasar dan batuan dapat dinamakan sebagai *floatstone*. Bioklas hadir berupa fosil beragam meskipun masih dikuasai oleh foraminifera bentonik, ganggang merah, moluska, dan echinodermata (Gambar 7.188).



Sumber: Maryanto (2016b)

Gambar 7.187 *Wackestone* bioklastika yang terpilah buruk dan terdukung matriks lumpur karbonat (cmd). Tampak bioklas foraminifera (for), dan moluska tergantikan (mol). Batuan ini menyusun bagian tengah Formasi Berai dan terendapkan di lerengan lokal terumbu belakang (SMF10-FZ7). Kode sampel SGT24A, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

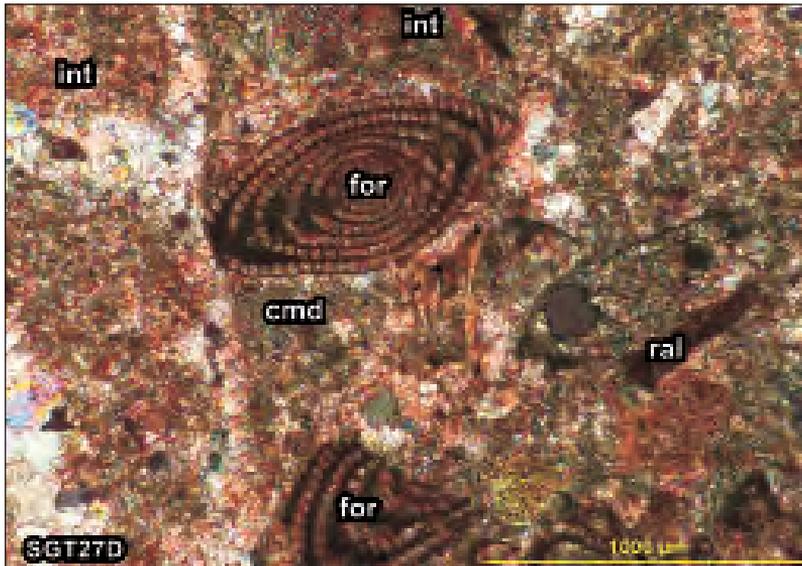


Sumber: Maryanto (2016b)

Gambar 7.188. *Wackestone* bioklastika dengan beberapa bioklas moluska (mol), ganggang merah (ral), echinodermata (ech), tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Batuan ini menyusun bagian atas Formasi Berai dan terendapkan di lereng lokal terumbu belakang (SMF10-FZ7). Kode sampel SGT02C, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang.

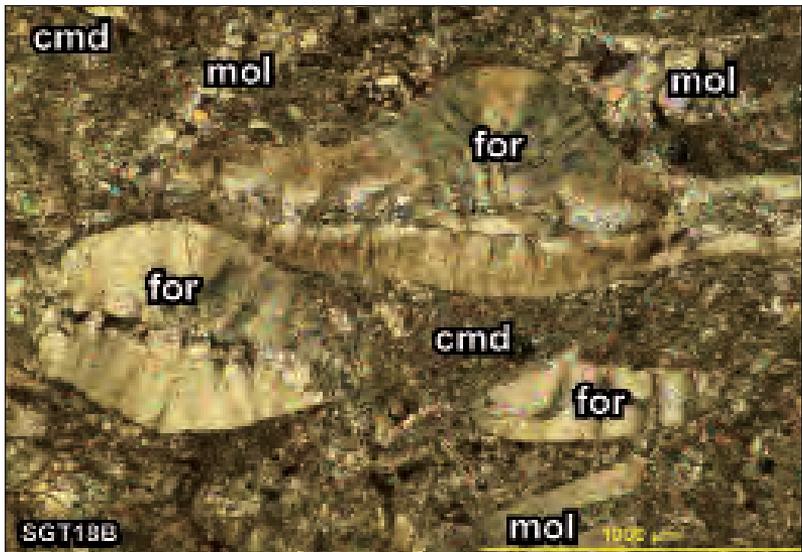
Fasies Packstone

Fasies batugamping *packstone* merupakan jenis batuan yang paling banyak dijumpai di Gunung Talikur dan sekitarnya, dimulai dari bagian bawah, tengah, atas, hingga teratas runtunan batuan. Batuan pada umumnya pejal dengan tekstur bioklastika fragmental sedang hingga kasar dan terpilah sangat buruk hingga buruk (Gambar 7.189). Butiran karbonat pada umumnya sudah tercuci dan terabrasi cukup baik dengan seleksi butiran sudah berjalan. Bioklas selalu hadir dan dikuasai oleh foraminifera bentonik (Gambar 7.190), beberapa moluska, ganggang merah, echinodermata, dan fosil lain. Intraklas atau ekstraklas hadir berupa kepingan batugamping terumbu koral-ganggang-bryozoa dengan ukuran yang cukup besar dan berbentuk meruncing, batugamping bioklastika, dan batugamping lumpuran. Butiran yang lain adalah pelet dan sangat jarang oolit. Butiran asal darat (terigen) masih dijumpai di bagian bawah runtunan batuan, terdiri atas kuarsa, feldspar, kepingan batuan argilit dan kuarsit, glaukonit, serta mineral opak. Matriks lumpur karbonat hadir terbatas di antara butiran, dan sebagian sebagai pengisi rongga di dalam butiran yang sebagian telah tergantikan menjadi mikrosparit. Penyemen



Sumber: Maryanto (2016b)

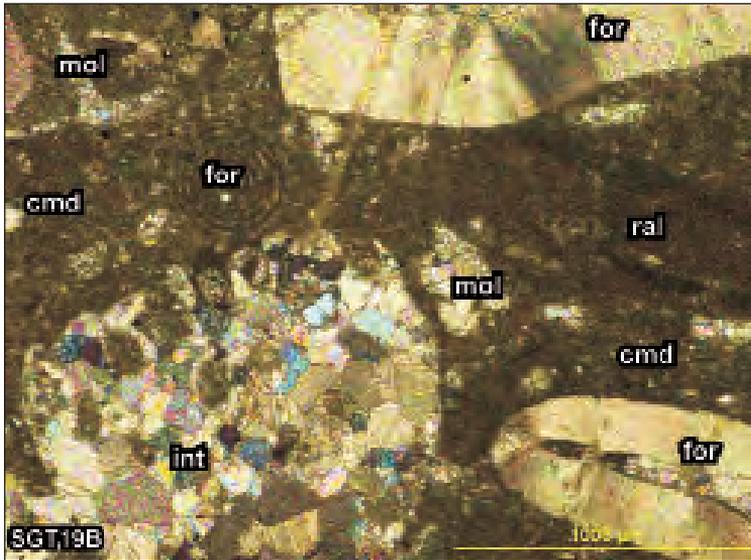
Gambar 7.189 Packstone bioklastika yang terpilah buruk. Tampak bioklas foraminifera bentonik (for), ganggang merah (ral), diikuti intraklas (int), yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cm). Batuan ini menyusun bagian bawah Formasi Berai dan terendapkan di tepi lerengan dan landaian pada paparan tertampi (SMF12-FZ6). Kode sampel SGT27D, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang.



Sumber: Maryanto (2016b)

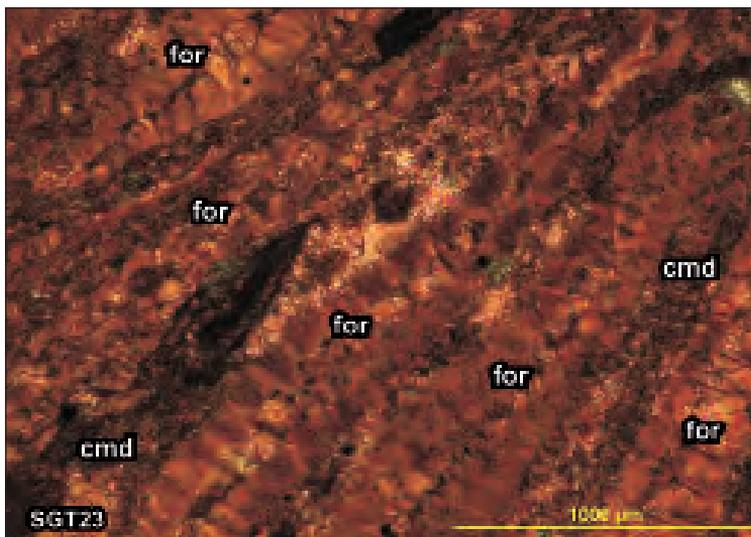
Gambar 7.190 Packstone foraminifera yang sangat buruk. Tampak bioklas foraminifera besar bentonik (for) sangat dominan dengan pengarahannya serta sedikit moluska (mol) tergantikan yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Batuan ini menyusun bagian bawah Formasi Berai dan terendapkan di tepi lerengan dan landaian pada paparan tertampi (SMF12-FZ6). Kode sampel SGT18B, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Maryanto (2016b)

Gambar 7.191 Packstone bioklastika dengan pencucian fosil yang sudah cukup baik. Tampak bioklas foraminifera (for), ganggang merah (ral), moluska (mol), dan intraklas (int) yang tersebar di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Batuan ini menyusun bagian tengah Formasi Berai dan terendapkan di tepi lerengan dan landaian pada paparan tertampi (SMF12-FZ6). Kode sampel SGT19B, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang.



Sumber: Maryanto (2016b)

Gambar 7.192 Packstone foraminifera dengan fosil foraminifera besar bentonik yang terarah sebagai komponen utama penyusun batuan, di dalam matriks lumpur karbonat (cmd). Batuan ini menyusun bagian teratas Formasi Berai dan terendapkan di tepi lerengan dan landaian pada paparan tertampi (SMF12-FZ6). Kode sampel SGT23, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

hadir berupa orthosparit dan sangat jarang oksida besi. Material neomorfisme berupa mikrosparit, pseudosparit, dan lumpur pemikritan beberapa fosil.

Pada umumnya, batugamping *packstone* ini menunjukkan pengarah butiran meskipun di beberapa sampel terlihat pejal (Gambar 7.191). Kelimpahan bioklas, khususnya fosil foraminifera besar bentonik, konsisten selalu di atas 30% yang sering terarah (Gambar 7.192), sedangkan fosil yang lain jumlahnya beragam. Pada umumnya, intraklas tersebar tidak merata dengan ukuran kasar.

Fasies Grainstone

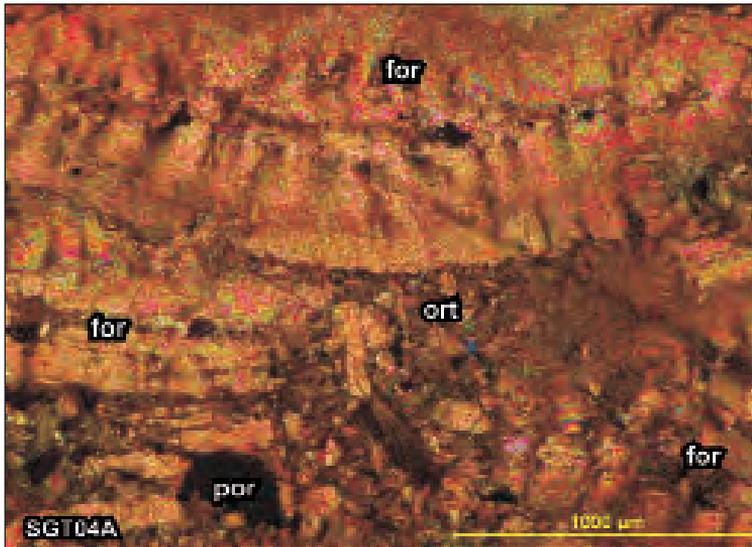
Fasies batugamping *grainstone* dijumpai terbatas di bawah dan atas batuan yang berfungsi sebagai sisipan di dalam *packstone*. Batuan bebas matriks dengan butiran karbonat sudah tercuci dan terabrasi dengan baik (Gambar 7.193). Bioklas hadir dominan yang dikuasai oleh fosil foraminifera bentonik, beberapa moluska, ganggang merah, dan sedikit fosil yang lain. Intraklas hadir jarang, berupa kepingan batugamping terumbu dan batugamping bioklastika. Butiran karbonat yang lain adalah pelet dan sangat jarang oolit. Penyemen dengan jumlah cukup berarti, terutama adalah orthosparit dan sangat jarang oksida besi. Semen karbonat orthosparit terlihat berstruktur isopachus dan diikuti mosaik drus hingga *equant* yang berukuran halus hingga sedang, dan dijumpai jarang. Material neomorfisme hadir berupa pseudosparit kalsit anedral mosaik yang mengganti beberapa butiran karbonat dan lumpur pemikritan beberapa fosil yang dijumpai setempat-setempat.

Fasies Boundstone

Fasies batugamping nonklastika *boundstone* hadir di bagian atas dan teratas runtunan stratigrafi di daerah penelitian dan dijumpai hanya sebagai sisipan di dalam perlapisan *packstone*. Di bawah mikroskop polarisasi, batugamping nonklastika *boundstone* ini pada umumnya pejal meskipun di lapangan terlihat berbuku-buku dengan kerangka koral sebagai pembangun utama batuan. Kerangka koral ini sekaligus sebagai penjebak matriks lumpur karbonat. Sangat jarang fosil (bioklas) yang lain masih hadir, seperti ganggang merah, bryozoa, foraminifera besar bentonik, dan moluska yang tersebar tidak merata di dalam matriks batuan. Kerangka koral itu kadang terhablur ulang. Rongga di antara kerangka koral tersebut kadang-kadang terisi oleh semen karbonat orthosparit kalsit berkrystal halus hingga sedang mosaik drus anedral (Gambar 7.194).

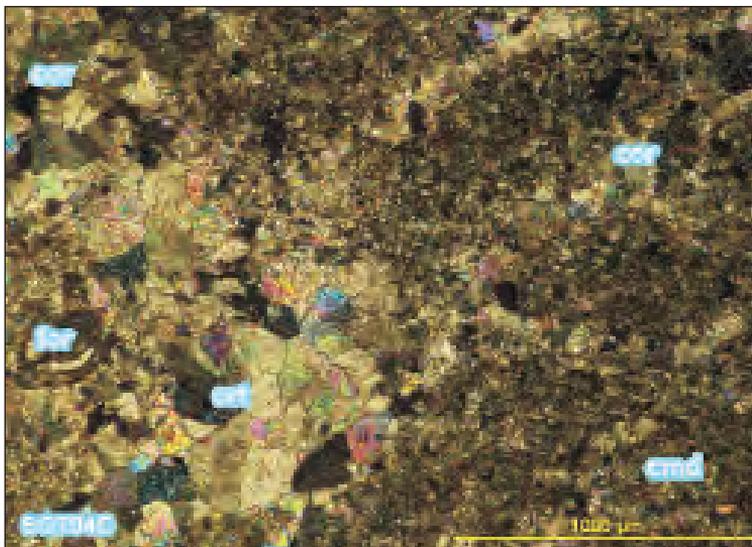
c. Mikrofasies

Packstone mengawali runtunan batuan di lokasi penelitian. Batuan dicirikan dengan pemilahan buruk, berbutir relatif kasar, dan berkandungan komponen



Sumber: Maryanto (2016b)

Gambar 7.194 Boundstone yang pejal dengan kerangka koral (cor) sebagai pembangun utama batuan dengan matriks lumpur karbonat tergantikan (cmd). Batuan ini menyusun bagian atas Formasi Berai dan terbentuk sebagai bangunan terumbu organik di tepi paparan (SMF7-FZ5). Kode sampel SGT04C, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang.



Sumber: Maryanto (2016b)

Gambar 7.193 Grainstone foraminifera yang terpilah sedang dan bebas matriks lumpur karbonat. Tampak bioklas telah terabrasi cukup baik, berupa foraminifera (for) sangat menguasai batuan, diikat oleh orthospirit kalsit (ort) mosaik anedral. Batuan ini menyusun bagian atas Formasi Berai dan terendapkan di tepi lerengan dan landaian pada paparan tertampi (SMF12-FZ6). Kode sampel SGT04A, lihat Gambar 7.180, kedudukan lensa nikol bersilang.

intraklas yang berupa kepingan batugamping terumbu koral-ganggang-bryozoa, batugamping bioklastika, dan batugamping lumpuran, selain bioklas yang dikuasai oleh foraminifera bentonik, moluska, dan ganggang. Keadaan ini mencerminkan lingkungan sayap terumbu (*reef flank facies*; SMF5-FZ4). Hubungan batuan ini dengan batuan silisiklastika Formasi Tanjung adalah selaras.

Selanjutnya, secara cepat komponen intraklas pada *packstone* tersebut menghilang, serta komponen bioklas dikuasai oleh fosil foraminifera besar bentonik. Kenampakan ini mencirikan lingkungan pengendapan tepi landaian atau lerengan pada paparan tertampi (*slopes and shelf edges on winnowed platform*; SMF12-FZ6). Semakin ke atas, terlihat bahwa *packstone* mempunyai komponen butiran karbonat sudah tercuci dan terabrasi dengan baik. Bioklas terdiri atas fosil beragam, tetapi masih dikuasai oleh foraminifera bentonik, moluska, dan ganggang merah. Keberadaan abrasi dan pencucian bioklas yang cukup baik ini mencirikan bahwa lingkungan pengendapan batuan bergeser menjadi lerengan lokal terumbu belakang (*local slope on back reef*; SMF10-FZ7). Batumannya sendiri kadang-kadang menjadi *wackestone* dengan proses abrasi dan pencucian yang sudah berjalan baik. Perlapisan *packstone* dengan beberapa sisipan *wackestone* ini menguasai runtunan batuan di bagian bawah.

Packstone dengan beberapa sisipan *wackestone* masih terus berulang hingga bagian tengah runtunan stratigrafi. Meskipun demikian, lapisan batuan pada umumnya semakin menebal hingga mencapai 7 m dan tidak memperlihatkan struktur sedimen tertentu. Batumannya masih terpilah buruk, terdukung butiran yang dikuasai oleh bioklas foraminifera besar bentonik, ganggang merah, dan moluska yang kadang-kadang masih memperlihatkan pengarahannya. Pencucian dan abrasi butiran telah berjalan dengan baik. Kenampakan ini mencerminkan bahwa batuan lebih banyak terendapkan di lingkungan lerengan lokal terumbu belakang.

Menginjak bagian atas runtunan stratigrafi, batuan masih dikuasai oleh *packstone* dengan kandungan fosil foraminifera besar bentonik sangat dominan yang berasal dari lingkungan pengendapan tepi landaian atau lerengan pada paparan tertampi. Meskipun demikian, beberapa sisipan *wackestone* yang berasal dari lingkungan pengendapan lerengan lokal terumbu belakang masih dapat dijumpai, khususnya mendekati bagian akhir runtunan batuan. Sisipan *grainstone* dan *packstone* dengan kandungan kepingan terumbu organik dari fasies pengendapan sayap terumbu hadir di bagian atas runtunan batuan ini secara berirama. Selain itu, di bagian atas runtunan ini juga dijumpai sisipan *boundstone* yang berasal dari lingkungan bangunan terumbu pada tepi paparan (*organic*

buildup at platform margin; SMF7-FZ5). Dengan kenampakan seperti ini, dapat dikatakan bahwa proses pengendapan batugamping Formasi Berai berkeadaan genang laut.

Bagian teratas runtunan stratigrafi dijumpai berupa sisa singkapan batugamping. Batugamping ini berasal dari lingkungan pengendapan lerengan lokal terumbu belakang, tepi landaian atau lerengan pada paparan tertampi, dan bangunan terumbu pada tepi paparan. Pada bagian yang tidak tersingkap, batuanya diperkirakan berupa napal yang terendapkan di lingkungan laut terbuka. Perkiraan ini didasarkan pada beberapa singkapan di sebelah barat Gunung Talikur yang berupa napal (Kusumah dkk., 2015) dan dimasukkan sebagai Napal Formasi Berai.

4. DISKUSI

Secara regional, diketahui bahwa Pegunungan Meratus merupakan wilayah paling timur-tenggara dari Dataran Sunda (Metcalf, 2011) atau Lempeng Sunda (McCaffrey, 2009). Fase pengendapan batugamping di Indonesia, termasuk batugamping Formasi Berai, sangat dipengaruhi oleh dinamika tektonik pada saat itu (Wilson & Hall, 2010). Sejak dimulainya proses pengangkatan dan ketak selarasan pada Kala Eosen (Hutchison, 1992), Formasi Berai terendapkan di lingkungan tektonik celah tepi (*rift margin*) pada Oligo-Miosen.

Hubungan antara batuan silisiklastika Formasi Tanjung dan batugamping bagian terbawah Formasi Berai terlihat selaras meskipun kedua satuan batuan tersebut mempunyai lingkungan pengendapan yang berbeda. Proses pengendapan yang demikian ini dapat dimungkinkan apabila cekungan pengendapan di daerah ini berupa landaian karbonat terbatas (Read, 1985) yang dibatasi oleh sesar akibat aktifnya kegiatan tektonik pada saat itu. Blok yang naik ditempati batuan silisiklastika, sedangkan bagian blok yang turun ditempati oleh batugamping. Pengendapan batugamping berjalan dengan keadaan genang laut, bersamaan dengan proses penurunan cekungan.

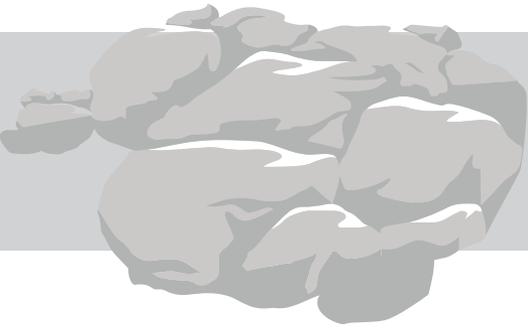
Fluktuasi muka air laut mengakibatkan fasies pengendapan batugamping di daerah penelitian berulang beberapa kali, khususnya pada bagian bawah dan tengah runtunan batuan. Perulangan tersebut meliputi fasies-fasies lerengan lokal terumbu belakang, tepi landaian atau lerengan pada paparan tertampi, dan sayap terumbu. Lingkungan pengendapan secara umum berkembang semakin dalam atau berkeadaan genang laut. Pada bagian atas runtunan, sisipan batugamping nonklastika hadir dengan jumlah dan ketebalan terbatas. Selanjutnya, runtunan

batugamping diakhiri dan berkembang menjadi napal Formasi Berai yang terendapkan di lingkungan laut terbuka (Kusumah dkk., 2015).

Kedudukan cekungan yang lebih dalam pada saat pengendapan batugamping Formasi Berai berada di sebelah tenggara. Keadaan paleogeografi daerah penelitian masih merupakan landaian benua dengan tinggian berada di sebelah barat laut. Pegunungan Meratus belum terbentuk pada saat itu. Hal ini diperkuat bahwa arah arus purba yang mengendapkan Formasi Warukin seiring dengan pengangkatan Pegunungan Meratus (Witts, 2013). Oleh karena itu, pengendapan batugamping pada fasies laut dalam terbuka berada di sebelah tenggara daerah penelitian. Perluasan paparan karbonat Oligo-Miosen ini berkembang jauh hingga ke Selat Makassar (Menzies & Callow, 2013; Pireno dkk., 2011).

Seperti telah dikemukakan di awal tulisan ini, dalam kaitannya dengan keterdapatan hidrokarbon, Formasi Berai diperkirakan dapat berfungsi sebagai batuan waduk minyak dan gas bumi (Doust & Noble, 2008; Wiyanto dkk., 2009). Pencarian hidrokarbon pernah dilakukan pada batugamping Formasi Berai untuk mencari batuan waduk hidrokarbon (Terry, 2015). Meskipun demikian, hingga sekarang ini prospeksi batugamping Formasi Berai sebagai batuan waduk hidrokarbon belum ditindaklanjuti. Dalam kaitannya dengan keterdapatan sumber daya hidrokarbon, hasil penelitian ini mengidentifikasi bahwa 1) ketebalan total batugamping di lokasi penelitian hanya 80 m dan menghilang di Pegunungan Meratus akibat telah tererosi pasca pengangkatan; 2) fasies bangunan terumbu, yang pada umumnya mempunyai nilai keporian tinggi, dijumpai hanya setempat-setempat di bagian atas runtunan batuan; 3) ke arah timur-tenggara dari Pegunungan Meratus hingga Selat Makassar diperkirakan batugamping berkembang di lingkungan laut dalam terbuka yang kurang memungkinkan sebagai batuan waduk hidrokarbon; 4) nilai keporian batuan pada umumnya rendah, begitu pula nilai keporian sekunder retakan kurang berkembang dengan baik meskipun pengaruh struktur geologi seperti kekar dan sesar cukup nyata (Wright & Harris, 2013); dan 5) batuan sumber memang ada, yaitu penyusun Formasi Tanjung, tetapi batuan penutup tidak ditemukan secara nyata pada batuan penyusun Formasi Warukin. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa batugamping Formasi Berai kurang dapat berfungsi sebagai batuan waduk hidrokarbon di Cekungan Barito.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



ASPEK EKONOMI MIKROFASIES BATUGAMPING

Pembahasan aspek ekonomi mikrofases batugamping dititikberatkan pada keterkaitan mikrofases batugamping dengan sumber daya minyak dan gas bumi serta keterkaitan dengan sumber daya mineral, khususnya di Indonesia bagian barat. Sebelum membahas lebih lanjut mengenai aspek ekonomi tersebut, perlu diulas terlebih dahulu tentang keadaan geologi regional di wilayah Indonesia bagian barat, terutama yang berkaitan dengan keterdapatan batugamping Paleogen-Neogen.

A. SUMBER DAYA MINYAK DAN GAS BUMI

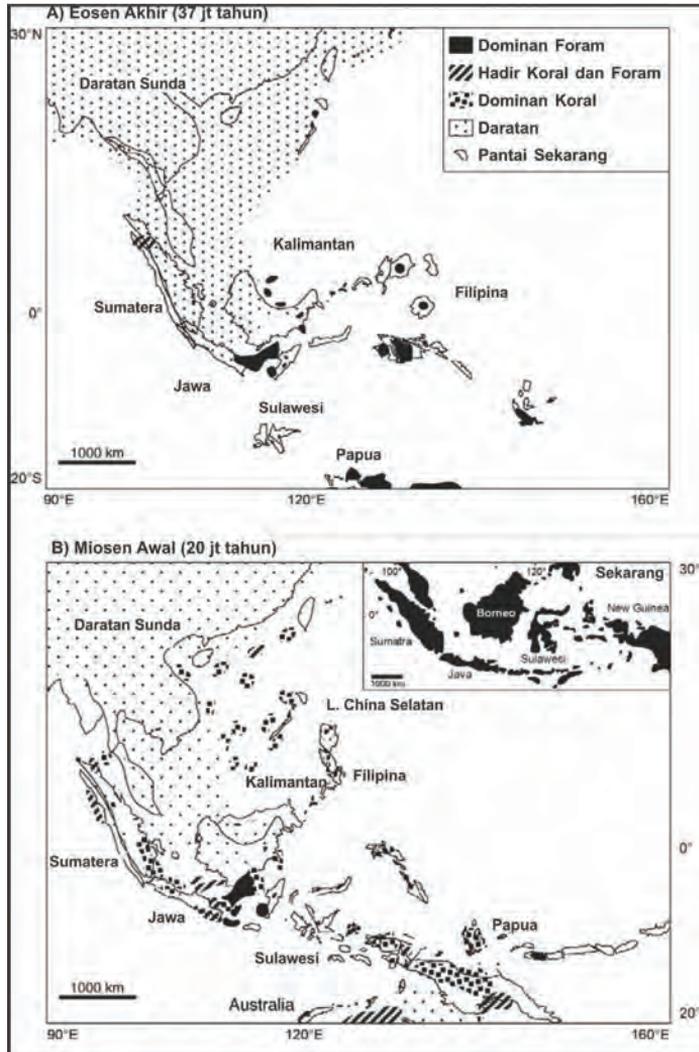
Wilayah Indonesia bagian barat dicirikan oleh tumbukan antara lempeng Indo-Australia dengan Eurasia (Audley-Charles dkk., 1988; Nugroho & Bachri, 2015), membentuk cekungan *pull-apart* (Koeshidayatulah dkk., 2013) yang menjadi muasal paparan karbonat Paleogen-Neogen di Indonesia (Satyana, 1999, 2005). Wilayah paparan karbonat di Indonesia bagian timur telah dimulai sejak Eosen Akhir, sedangkan di wilayah Indonesia bagian barat baru muncul pada Oligosen Akhir (Novak, 2012; Wilson & Rosen, 1998). Kedudukan laut di Asia bagian tenggara pada saat itu berada di bagian selatan (Charlton, 2001; Shahabpour, 2009; Gambar 8.1).

Penelitian tentang stratigrafi dan sedimentologi batuan karbonat di Asia Tenggara secara umum, termasuk wilayah Indonesia bagian barat, serta potensinya sebagai batuan waduk hidrokarbon telah dilakukan oleh beberapa ahli (Wilson dkk., 1999; Satyana & Jumlati, 2003; Satyana, 2005; Wilson & Hall, 2010; Gutteridge dkk., 2011; Padmono dkk., 2011; Yuliandri dkk., 2012).

Satyana (2010) mengemukakan bahwa cekungan busur belakang di Sumatra terdiri atas tiga cekungan utama, yaitu Sumatra bagian utara, Sumatra bagian tengah, dan Sumatra bagian selatan. Keadaan stratigrafi regional di ketiga

Buku ini tidak diperjualbelikan.

cekungan utama tersebut telah dibahas oleh Samuel dan Gultom (1986, *vide* Satyana, 2010; Gambar 8.2). Fasies batugamping Paleogen-Neogen selalu hadir di tiap-tiap cekungan dan kesemuanya dapat berfungsi sebagai batuan waduk hidrokarbon. Sebagai contoh adalah lapangan raksasa gas bumi Arun di Sumatra Utara mempunyai batuan waduk batugamping Miosen Awal hingga Miosen Tengah ditemukan tahun 1971 dan mulai dieksploitasi tahun 1975 dengan produksi sekitar 15.0 TCF (Avianto & Widarmayana, 2006).

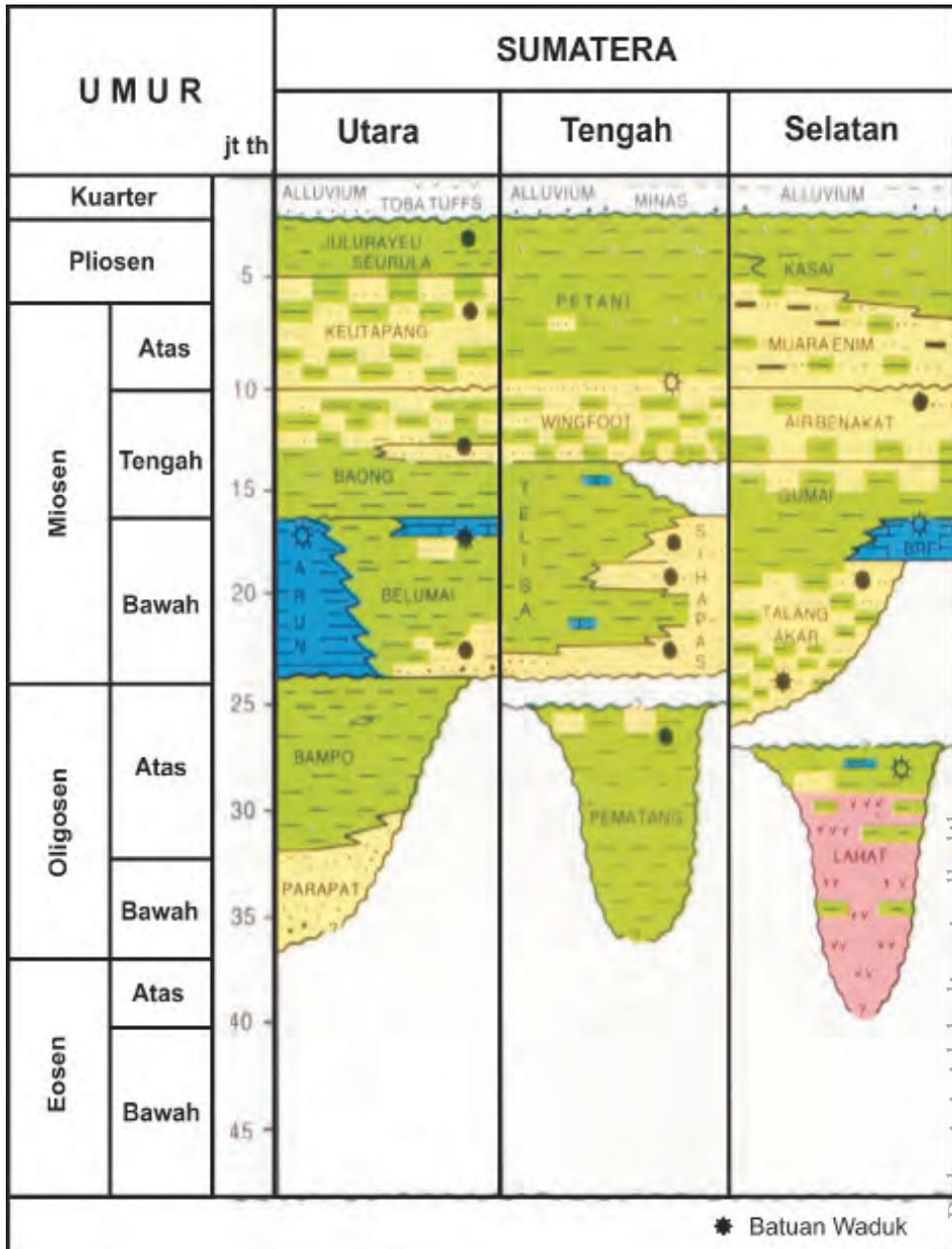


Sumber: Wilson dan Hall (2010)

Gambar 8.1 Distribusi Batugamping pada Eosen Akhir dan Miosen Awal dalam Kaitannya dengan paleografi di Asia Tenggara

Buku ini tidak diperjualbelikan.

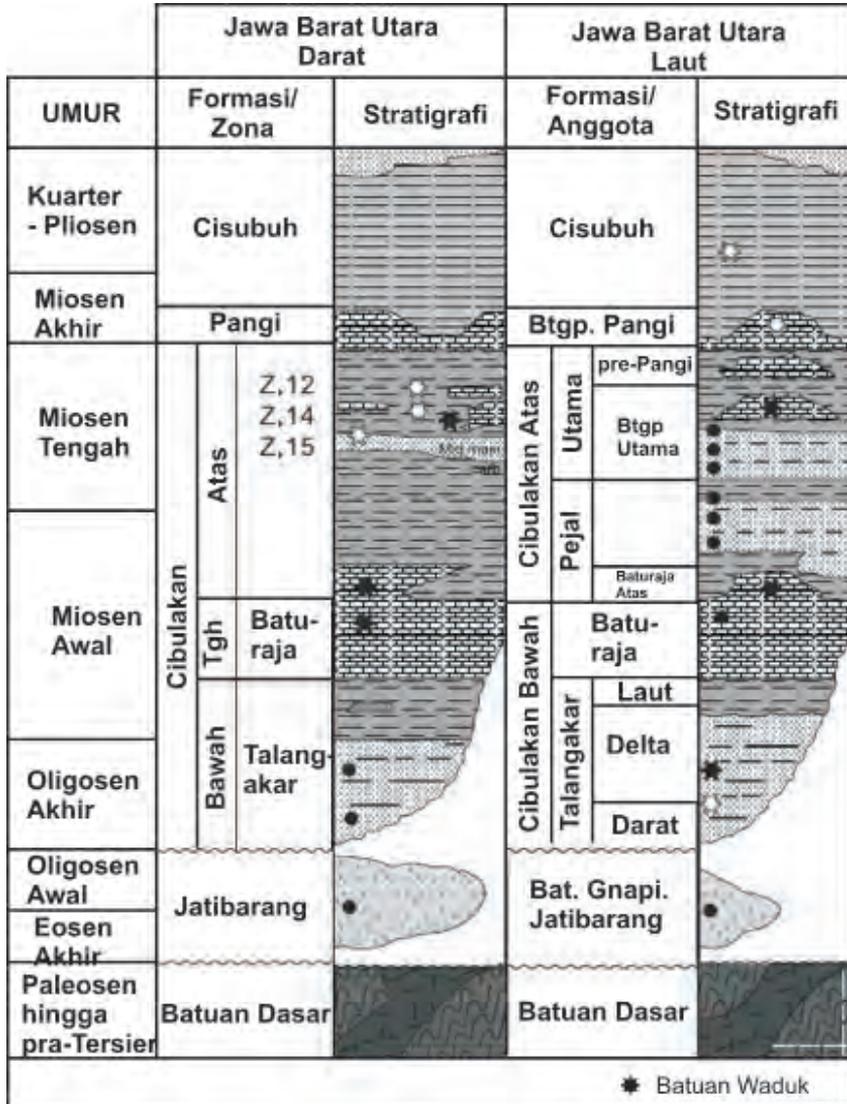
Keadaan stratigrafi Tersier Jawa bagian barat, tengah, dan timur, baik di darat maupun di laut, juga telah diulas oleh Satyana dan Armandita (2004) serta Satyana (2005), beserta keberadaan batugamping sebagai batuan waduk hidrokarbon



Sumber: Satyana (2010)

Gambar 8.2 Stratigrafi Regional Cekungan Busur Belakang di Sumatra

(Gambar 8.3, 8.4, & 8.5). Sebagai contoh, batugamping yang berumur Oligo-Miosen di Cekungan Jawa Timur secara umum dapat berfungsi sebagai batuan induk, jalur migrasi, batuan waduk dan sekaligus sebagai batuan penutup (Satyana & Jumlati, 2003), dan telah diulas secara lebih terperinci oleh Satyana dan Purwaningsih (2002) serta Purwaningsih dkk. (2002).

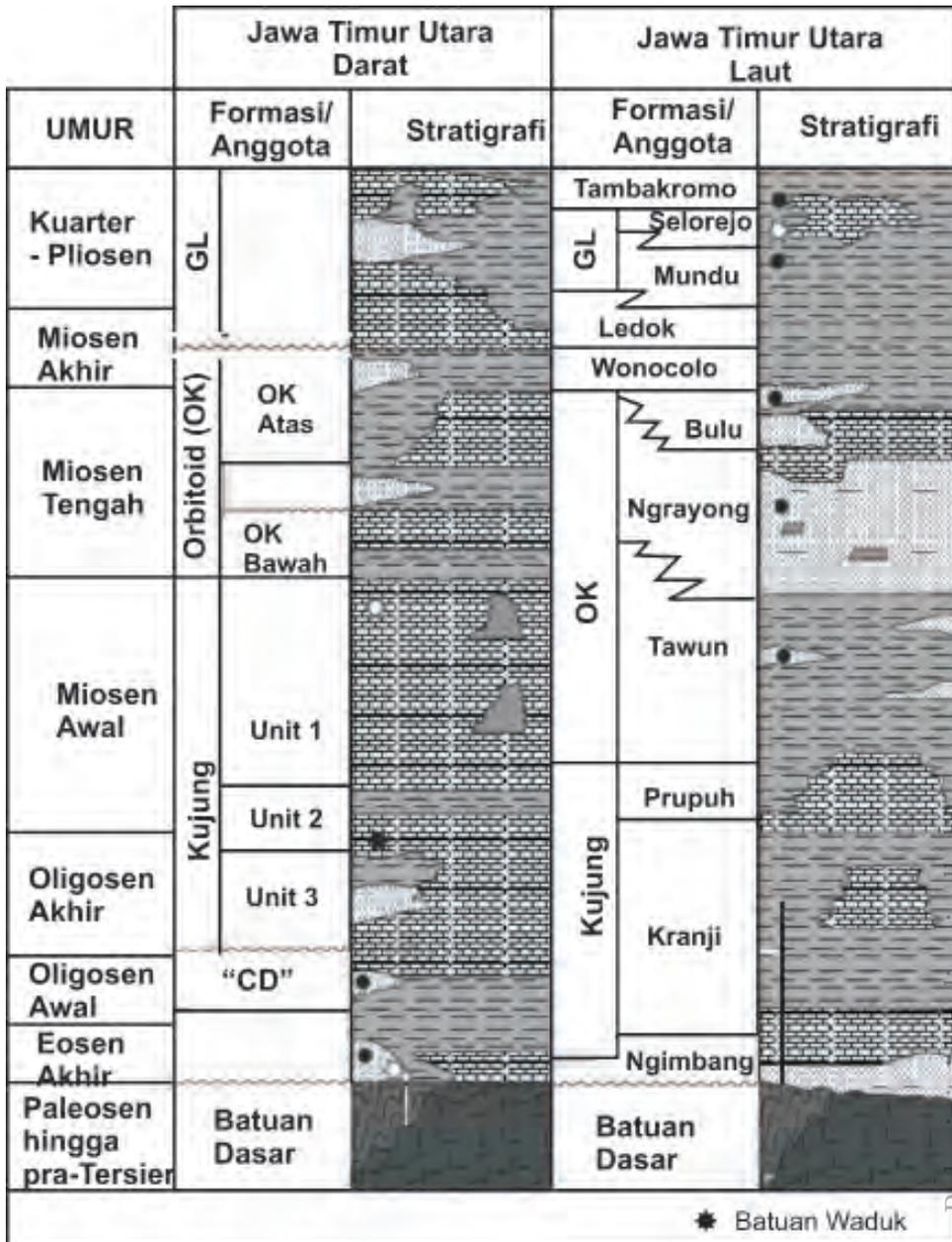


Sumber: Satyana dan Armandita (2004)

Gambar 8.3 Stratigrafi Regional di Jawa Utara Bagian Barat

Buku ini tidak diperjualbelikan.

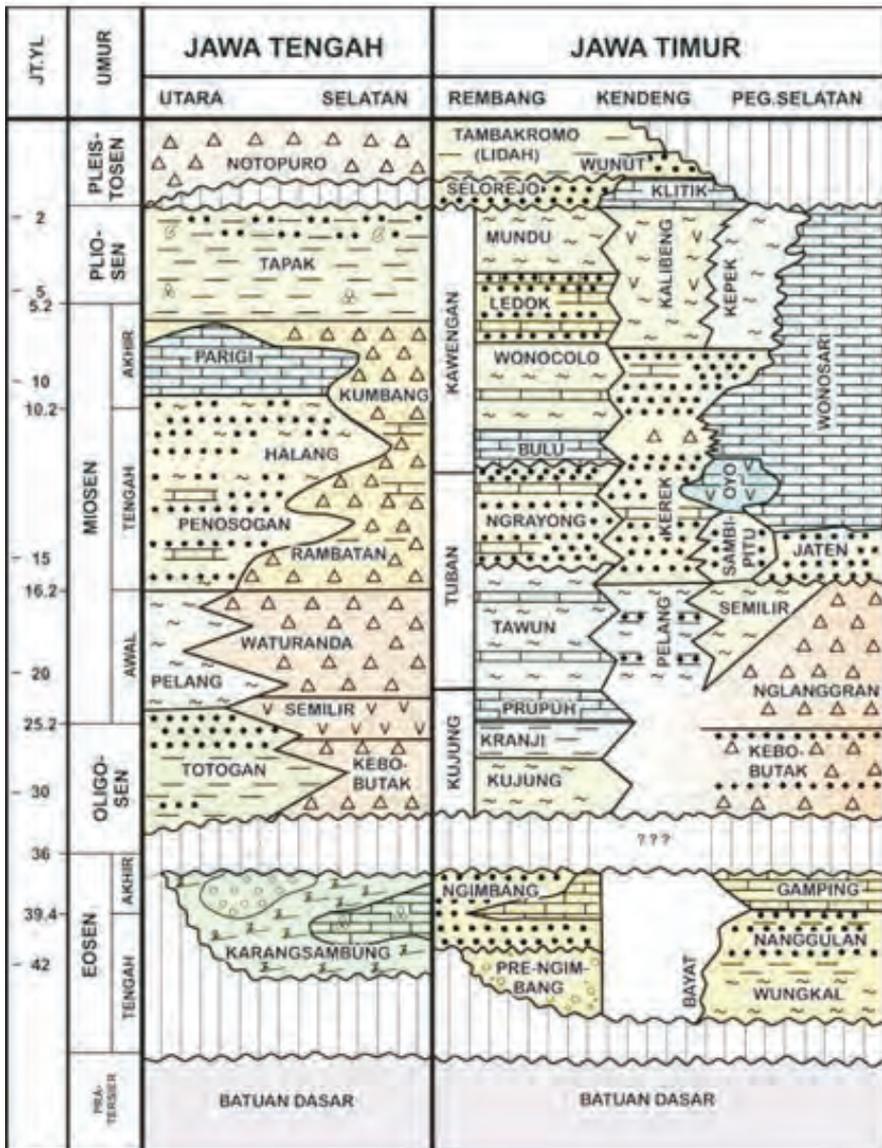
Ringkasan litostratigrafi Kalimantan bagian timur yang memanjang dari Barito, Kutai hingga Tarakan (Gambar 8.6), juga telah disarikan oleh Satyana dkk. (1999), dilengkapi dengan beberapa satuan batuan, termasuk batugamping,



Sumber: Satyana dan Armandita (2004)

Gambar 8.4 Stratigrafi Regional di Jawa Utara Bagian Timur

yang dapat berfungsi sebagai batuan waduk hidrokarbon. Sebagai contoh, batuan sedimen Neogen yang ada di Cekungan Kutai. Batuan induk utama terdiri dari Formasi Pamaluan, Pulau Balang dan Balikpapan. Pada Formasi Bebulu terdapat kandungan material organik yang cukup dengan HI di atas 300. Batuan reservoir terdapat pada Formasi Kiham Haloq, Formasi Balikpapan, dan Formasi Kampung Baru, tetapi yang produktif hanya Formasi Balikpapan dan Kampung Baru,



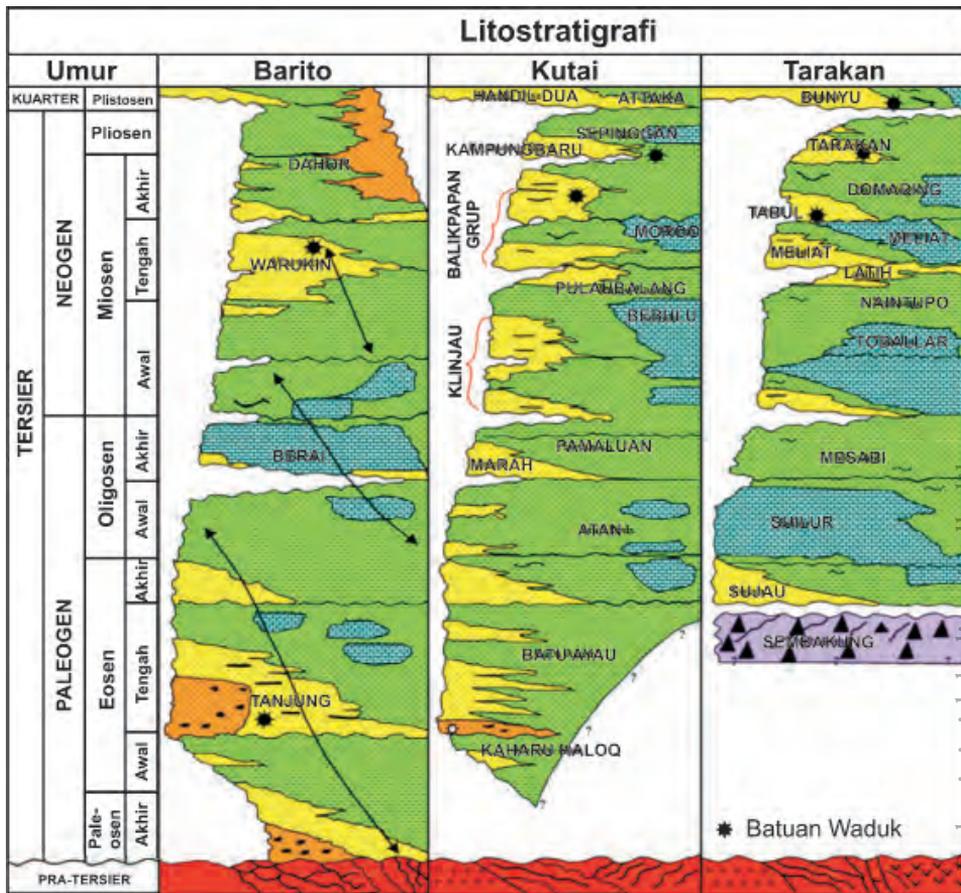
Sumber: Satyana (2005)

Gambar 8.5 Stratigrafi Regional di Jawa Daratan Bagian Tengah dan Timur

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dengan litologi batupasir dengan sisipan batugamping (Hadipandoyo dkk., 2007). Kelompok Balikpapan dan Formasi Kampung Baru memiliki serpih yang sangat potensial sebagai batuan penutup.

Studi petrografi dilakukan untuk memperkirakan mutu batuan waduk (Anselmetti, 1998; Ehrlich & Horkowitz, 1987; Ehrlich dkk., 1991). Mutu batuan waduk ini tidak terlepas dari nilai keporian batugamping tersebut. Keporian batugamping (Choquette & Pray, 1971), terbagi menjadi keporian primer dan keporian sekunder. Keporian primer meliputi 1) keporian antarpartikel pada *grainstone*, yaitu antara butiran karbonat; 2) keporian dalam partikel khususnya pada fosil gastropoda dan bivalvia; 3) ruangan terlindungi di bawah fosil atau intraklas, yaitu tipe keporian naungan; 4) bentukan rongga pada lumpur karbonat akibat kegiatan mikroba yang membentuk gas, disebut sebagai tipe keporian



Sumber: Satyana dkk. (1999)

Gambar 8.6 Stratigrafi Regional di Kalimantan Bagian Timur

fenestral; 5) rongga awal pada pertumbuhan terumbu koral atau perlapisan ganggang disebut sebagai tipe keporian pertumbuhan terumbu. Keporian sekunder meliputi 1) perusakan kimia mineral tidak stabil selama fase diagenesis; 2) perusakan biologi yang membentuk rongga akibat pemborosan organisme; 3) peretakan batuan. Mengacu pada pengelompokan tipe keporian batuan tersebut, ada beberapa jenis batuan waduk hidrokarbon yang berkaitan dengan jenis batuan dan lingkungan pengendapannya, meliputi *grainstone* dengan pengawetan atau peningkatan keporian antarpartikel, endapan lerengan karbonat, batukapur, terumbu, perangkat stratigrafi pada siklus endapan dangkalan, batuan waduk paleokars, serta batuan waduk dolomit. Beberapa jenis batugamping tersebut juga hadir sebagai batuan waduk hidrokarbon, khususnya pada batugamping Paleogen-Neogen di Indonesia bagian barat.

Seperti telah diketahui bahwa dalam industri minyak, perangkat hidrokarbon sebagian besar berupa batugamping. Cekungan-cekungan sedimen di Indonesia penghasil minyak sebagian besar juga berasal dari batugamping, sebagai contoh batugamping Formasi Kujung merupakan batuan waduk lapangan minyak Banyuwangi di Jawa Timur Utara, Formasi Baturaja di Sumatra Selatan. Kegiatan eksplorasi di Cekungan Jawa Barat Utara baik dilepas pantai maupun di daratan, batugamping yang menjadi target eksplorasi adalah Formasi Baturaja dan Formasi Parigi (Praptisih dkk., 2012).

Cekungan Sumatra Selatan merupakan salah satu cekungan penghasil hidrokarbon di Indonesia (Clure & Fiftiani, 2001; Kasim & Armstrong, 2015). Batuan berumur Neogen Awal di Cekungan Sumatra Bagian Selatan berupa perselingan antara batupasir dan batugamping penyusun Formasi Baturaja (Padmono dkk., 2011). Batugamping penyusun Formasi Baturaja juga dapat berfungsi sebagai batuan waduk hidrokarbon (Wiyanto dkk., 2009), dengan litologi dan fasies pengendapan yang beragam (Maryanto, 2008), umumnya berada di laut dangkal (Setyaningsih dkk., 2015). Formasi Baturaja yang berumur Miosen Awal hingga Miosen Tengah (Koeshidayatullah dkk., 2013; Susilowati & Suyoto, 2009), terdiri atas beberapa fasies pengendapan, yaitu pasang-surut, laguna, landaian, dan terumbu organik. Formasi Baturaja yang tebalnya antara 60–120 m (Bishop, 2000a), terbagi menjadi dua satuan litostratigrafi berdasarkan fasies pengendapan, yaitu fasies batuan sedimen klastika dan fasies batuan karbonat atau batugamping (Bishop, 2000b). Penelitian lebih lanjut (Maryanto, 2005, 2007b, 2008, 2014b, 2016a) memperlihatkan bahwa batugamping Formasi Baturaja tersebut masih dapat berfungsi sebagai batuan waduk hidrokarbon. Hal ini didukung dengan data bahwa 1) ketebalan batugamping Formasi Baturaja cukup (lebih dari 100

m), dengan fasies pengendapan terumbu belakang hingga tepi paparan karbonat atau bangunan terumbu yang umumnya mempunyai nilai keporian cukup tinggi, 2) keporian batuan primer (antar dan dalam partikel dan pertumbuhan terumbu) diperkirakan belum terisi oleh mineral sekunder, 3) sumber batuan adalah batuan sedimen klastika karbonan Formasi Talangakar yang secara stratigrafi di bawah batugamping Formasi Baturaja, 4) batuan penutup adalah batulempung Formasi Gumai. Kenyataan ini tentunya dengan memperhitungkan kembali tingkat pematangan dan migrasi hidrokarbon, serta keadaan struktur geologi yang berkembang di Cekungan Sumatra Bagian Selatan ini.

Kegiatan penelitian geologi terhadap Formasi Rajamandala di Jawa Barat telah dilakukan antara lain oleh Harting (1929), Musper (1939), dan Bemmelen (1949). Clements dan Hall (2007), yang mengungkapkan perkembangan tektonik dan stratigrafi Jawa Barat dari Kapur hingga Miosen Akhir, mengatakan bahwa batugamping Formasi Rajamandala terbentuk di tepian Dataran Sunda dan berakhir karena kegiatan gunungapi Miosen Tengah. Hall dkk. (2007) menyatakan bahwa dengan kondisi tektonik tersebut, Formasi Rajamandala cukup berpotensi sebagai batuan waduk hidrokarbon. Batugamping Formasi Rajamandala yang berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Awal (Insani dkk., 2010), ditafsirkan sebagai bagian dari karang penghalang yang berarah timur-timur-laut-barat-barat-daya dengan bagian muka terumbu dan cekungan berada di bagian utara (Siregar, 2005), yang merupakan endapan batugamping sangat halus (Wibowo & Kapid, 2014). Fasies terumbu yang terbentuk merupakan hasil bentukan pada paparan karbonat terisolasi di wilayah tektonik cekungan busur belakang dengan keadaan genang laut (Jeffrey, 2008). Tabri (2006) mengungkapkan bahwa batuan fasies laguna tersusun oleh bioklastika *packstone* kaya fosil, batuan fasies terumbu disusun oleh *boundstone* dan *rudstone* di dalam matriks *packstone* yang merupakan bagian dari puncak terumbu, fasies lerengan didukung oleh pecahan koral dan endapan breksi aliran pelongsoran, serta fasies lerengan jauh didukung oleh *packstone* turbidit dan berselingan dengan napal dan serpih. Pada Kala Miosen Tengah, fasies batugamping tersebut sangat berkurang dan terhenti perkembangannya akibat kegiatan letusan di Busur Gunungapi Jawa (Clement & Hall, 2007). Sesuai dengan penelitian terkini (Maryanto, 2009b, 2012b) memperlihatkan bahwa dari sisi litologi dan lingkungan pengendapan, Formasi Rajamandala dapat berfungsi sebagai batuan waduk hidrokarbon. Meskipun demikian, dengan kedudukan tektonik yang berada di busur muka gunungapi, proses pematangan bahan hidrokarbon, sekiranya ada, akan terlalu matang dan hidrokarbon tersebut menjadi hilang menguap. Selain itu, batuan penutup dan batuan sumber hidrokarbon juga

menjadi pertimbangan ketiadaan minyak dan gas bumi pada Formasi Rajamandala di daerah Bandung barat ini.

Di daerah Jawa Tengah bagian selatan, sejak Oligosen atau sekitar 34 juta tahun yang lalu, mulai terjadi kegiatan gunungapi yang kemudian membentuk satuan batuan gunungapi Tersier atau lebih dikenal dengan sebutan Formasi Andesit Tua (Bemmelen, 1949). Formasi batuan sedimen setelah kegiatan tektonik dan gunungapi tersebut mereda, berupa napal dan batugamping Formasi Jonggrangan yang singkapannya dapat ditemukan di bagian utara dari Pegunungan Kulonprogo dan berlanjut hingga berupa batugamping masif yang tersingkap baik di wilayah Kaligesing, Kabupaten Purworejo (Bronto, 2007). Formasi Jonggrangan ini berumur Miosen Awal dengan lingkungan pengendapan litoral. Formasi Jonggrangan tidak mengalami perlipatan yang sesungguhnya, terguling dan rusak pada waktu tahap akhir pembentukan Kubah Kulonprogo, sama halnya dengan *block-faulting* dari struktur kubah (Bemmelen, 1949). Selanjutnya, Formasi Sentolo menindih selaras Formasi Jonggrangan, dan sebagian menindih secara tak selaras batuan gunungapi Formasi Kebobutak, dan langsung tertindih secara tak selaras oleh aluvium (Rahardjo, 1995; Karnawati dkk., 2006).

Tidak adanya formasi batuan lain yang menindih Formasi Sentolo sebelum tertindih aluvium ini mengakibatkan pelacakan dinamika cekungan pengendapan menjadi lebih sulit karena ketiadaan data stratigrafi secara regional. Satu hal yang pasti, batugamping tersebut masih bersifat pasiran dengan kepingan batuan gunungapi cukup banyak. Hal ini menunjukkan bahwa fase pengendapan batugamping Formasi Sentolo masih sangat terpengaruh oleh batuan alas gunungapi Formasi Kebobutak. Pengaruh gunungapi ini semakin mengecil ke arah atas yang diketahui dari nilai kerentanan magnet batuan yang semakin mengecil (Yurnaldi dkk., 2008). Fase pengendapan batugamping Formasi Sentolo adalah susut laut. Proses naik dan turunnya muka air laut pada saat pengendapan batugamping Formasi Sentolo menyebabkan terjadinya perulangan lapisan yang membentuk lapisan cukup baik. Keporian antarpartikel secara umum masih kosong pada fase naik turunnya muka air laut ini dan mulai terisi pada saat batuan mulai terangkat, yaitu di lingkungan meteorik freatik (Maryanto, 2009a, 2012a). Kenampakan lapisan yang baik ini berlangsung menerus hingga bagian teratas formasi. Dengan nilai keporian yang cukup tinggi tersebut, batugamping Formasi Sentolo pada dasarnya juga dapat berfungsi sebagai batuan waduk hidrokarbon. Meskipun demikian, ada beberapa hal utama lain yang perlu dipertimbangkan, yaitu batuan sumber, batuan penutup, struktur geologi, serta pematangan dan migrasi hidrokarbon.

Batugamping kapuran penyusun Formasi Wonosari di Yogyakarta, merupakan salah satu batuan yang baik untuk waduk hidrokarbon (Jauhari & Toha, 2005). Secara regional, Formasi Wonosari merupakan bagian paparan karbonat, khususnya paparan karbonat terbatas (*rimmed carbonate platform*; Read, 1985, Sunjaya dkk., 2006), dengan arus kuat (Lokier, 2000). Paparan karbonat tersebut diperkirakan tersebar berarah barat-timur dengan posisi cekungan berada di bagian utara (Siregar, 2004, Praptisih dkk., 2005). Meskipun demikian, dengan mempertimbangkan bahwa kedudukan tektonik pada saat batugamping tersebut terendapkan adalah di busur depan (Siregar, 2004) dan perkembangan tektonik Nogen Asia Tenggara (Hall, 2001), dapat diduga bahwa kedudukan cekungan berada di sebelah selatan lokasi penelitian. Mukti (2005) mengatakan bahwa lingkungan pengendapan batugamping tersebut meliputi bangunan terumbu atau dangkalan luar, cekungan lerengan luar dan lerengan atas hingga tengah yang terletak di utara bangunan terumbu, serta lingkungan dangkalan dalam terumbu belakang di sebelah selatan dan barat bangunan terumbu.

Fasies batugamping Formasi Wonosari pada umumnya merupakan hasil pengendapan batugamping terumbu belakang yang kaya akan fosil foraminifera bentonik (Boudagher-Fadel & Lokier, 2005), paparan tertampi, cekungan lokal terumbu belakang, hingga bangunan terumbu (Maryanto dkk., 2014a; Maryanto, 2015a), yang mempunyai nilai keporian cukup baik. Penelitian lainnya (Sunjaya dkk., 2006) menunjukkan bahwa fasies batugamping Formasi Wonosari meliputi 1) fasies dangkalan terumbu belakang dengan beberapa terumbu setempat dan *packstone* foraminifera-ganggang; 2) kompleks terumbu dengan beberapa fasies *packstone-grainstone*, beberapa terpotong oleh endapan badai dan saluran pasang-surut; 3) fasies lereng terumbu depan dengan litologi *packstone-rudstone*; dan 4) endapan lereng depan yang mengandung *packstone* dan *wackestone* foraminifera. Semua fasies pengendapan tersebut mungkin memiliki nilai keporian primer yang cukup tinggi. Meskipun demikian, keberadaan batuan sumber dan batuan penutup di daerah ini tidak hadir, demikian pula dengan ketiadaan rembesan minyak dan gas bumi. Dengan demikian, pencarian hidrokarbon pada batugamping Formasi Wonosari kurang atau tidak menjanjikan.

Pegunungan Meratus merupakan wilayah paling timur-tenggara dari Dataran Sunda (Metcalf, 2011) atau Lempeng Sunda (McCaffrey, 2009). Fase pengendapan batugamping di Indonesia, termasuk batugamping Formasi Berai, sangat dipengaruhi oleh dinamika tektonik pada saat itu (Wilson & Hall, 2010). Sejak dimulainya proses pengangkatan dan ketak selarasan pada Kala Eosen (Hutchison, 1992), Formasi Berai terendapkan di lingkungan tektonik celah tepi (*rift margin*)

pada Oligo-Miosen. Perluasan paparan karbonat Oligo-Miosen ini berkembang jauh hingga ke Selat Makassar (Menzies & Callow, 2013; Pireno dkk., 2011). Dalam kaitannya dengan keterdapatannya sumber daya hidrokarbon, hasil penelitian Maryanto (2016) mengidentifikasi bahwa 1) ketebalan total batugamping di lokasi penelitian hanya 80 m dan menghilang di Pegunungan Meratus akibat telah tererosi pasca pengangkatan; 2) fasies bangunan terumbu, yang pada umumnya mempunyai nilai keporian tinggi, dijumpai hanya setempat-setempat di bagian atas runtunan batuan; 3) ke arah timur-tenggara dari Pegunungan Meratus hingga Selat Makassar, batugamping diperkirakan berkembang di lingkungan laut dalam terbuka yang kurang memungkinkan sebagai batuan waduk hidrokarbon; 4) nilai keporian batuan pada umumnya rendah, begitu pula nilai keporian sekunder retakan kurang berkembang dengan baik meskipun pengaruh struktur geologi seperti kekar dan sesar cukup nyata (Wright & Harris, 2013); dan 5) batuan sumber memang ada, yaitu penyusun Formasi Tanjung, tetapi batuan penutup tidak ditemukan secara nyata pada batuan penyusun Formasi Warukin. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa batugamping Formasi Berai kurang dapat berfungsi sebagai batuan waduk hidrokarbon di Cekungan Barito.

B. SUMBER DAYA MINERAL

Batugamping banyak digunakan sebagai bahan baku atau imbuhan barang industri bahan bangunan, industri farmasi, kosmetik, dan industri kimia yang lain (Adinugroho, 2008). Pemanfaatan batugamping (Wibisana, 2015), antara lain adalah untuk:

- 1) Bahan bangunan. Bahan bangunan yang dimaksud adalah kapur yang dipergunakan untuk plester, adukan pasangan bata, pembuatan semen tras ataupun semen merah.
- 2) Bahan penstabilan jalan raya. Pemakaian kapur dalam bidang pemantapan alas jalan raya termasuk rawa yang dilaluinya. Kapur ini berfungsi untuk mengurangi plastisitas, mengurangi penyusutan dan pemuaiannya alas jalan raya. Batugamping juga dapat digunakan sebagai dasar yang kukuh untuk pembangunan jalan aspal maupun beton.
- 3) Sebagai pembasmi hama. Sebagai warangan timbal ($PbAsO_3$) dan warangan kalsium ($CaAsO_3$) atau sebagai serbuk belerang untuk disemprotkan.
- 4) Bahan pupuk dan insektisida dalam pertanian. Apabila ditaburkan untuk menetralkan tanah asam yang relatif tidak banyak air, sebagai pupuk untuk menambah unsur kalsium yang berkurang akibat panen, erosi serta untuk

mengemburkan tanah. Kapur ini juga dipergunakan sebagai disinfektan pada kandang unggas, dalam pembuatan kompos dan sebagainya.

- 5) Penjernihan air. Dalam penjernihan pelunakan air untuk industri, kapur dipergunakan bersama-sama dengan soda abu dalam proses yang dinamakan dengan proses kapur soda.
- 6) Batugamping (CaCO_3) sebagai pupuk alternatif penetralisir keasaman tanah. Semua material yang mengandung senyawa Ca dapat digunakan sebagai bahan pengapuran untuk menetralkan keasaman tanah, yaitu meningkatkan pH tanah yang pada dasarnya menambahkan Ca dan menurunkan Al.
- 7) Kapur yang telah dimurnikan dapat ditambahkan ke roti dan sereal sebagai sumber kalsium. Kadar kalsium yang tinggi dapat digunakan untuk pakan ternak, seperti untuk unggas dan lain-lain.
- 8) Sebagai bahan campuran yang murah dalam kaca, pasta gigi, kertas, plastik, cat, ubin, dan bahan lainnya yang mengandung pigmen putih.
- 9) Batugamping kapuran dipakai sebagai campuran agregat pada lapis fondasi agregat kelas B.
- 10) Membantu menghilangkan karat dan kotoran pada besi. Hal ini dapat digunakan untuk remineralisasi dan meningkatkan alkalinitas air dimurnikan untuk mencegah korosi pipa.
- 11) Batugamping sebagai salah satu bahan baku utama semen yang akan dibahas lebih lanjut.

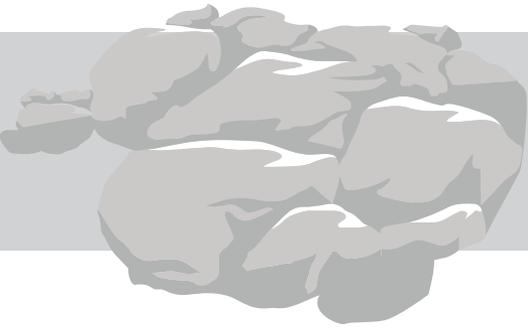
Semen berasal dari bahasa latin *caementum* yang berarti bahan perekat. Secara sederhana, definisi semen adalah bahan perekat atau lem, yang bisa merekatkan bahan-bahan material lain seperti batu bata dan batu koral hingga bisa membentuk sebuah bangunan. Dalam pengertian secara umum, semen diartikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 15-2049-2004, semen portland adalah semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak (*clinker*) portland terutama yang terdiri dari kalsium silikat ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Semen portland bersifat hidrolis karena di dalamnya terkandung kalsium silikat ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) dan kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) yang bersifat hidrolis dan sangat cepat bereaksi dengan air. Semen portland terbagi menjadi tiga, yaitu standar, cepat kering, dan lambat kering (Carter & Smith, 1958; Tabel 8.1).

Tabel 8.1 Komposisi Kimia Semen Portland Menurut Charter dan Smith (1958)

Analisis senyawa	Semen Portland		
	Standar	Cepat kering	Lambat kering
CaO	65,5	66,5	64,0
SiO ₂	22,2	21,1	23,2
Al ₂ O ₃	5,8	4,8	4,2
Fe ₂ O ₃	2,8	2,6	5,0
MgO	1,9	1,2	1,2
SO ₃	1,8	2,7	2,0

Sebagai bahan industri semen, penyediaan batugamping terkadang kurang memenuhi persyaratan dalam komposisi kimianya. Batugamping yang memenuhi persyaratan adalah batugamping yang mempunyai kandungan CaCO₃ lebih besar dari 90% sesuai standar (Yulianto, 2015). Untuk mengatasi hal tersebut, sering dilakukan penambahan unsur lain berupa kapur (*chalk*). Batugamping dan kapur merupakan bahan baku yang mengandung senyawa CaCO₃, yang dibedakan atas kandungan senyawa CaCO₃ dan kekerasannya. Selain kandungan CaCO₃, kandungan lain yang menentukan mutu batugamping sebagai bahan untuk semen adalah kandungan senyawa magnesium oksida (MgO), di mana kandungan MgO sesuai standar adalah kurang dari 3% (SK: 32/KEP/BSN/4/2010, No. SNI 7574:2010). MgO sangat berpengaruh terhadap mutu semen karena mempunyai sifat mengembang sehingga apabila semen mempunyai kadar MgO tinggi, dapat mengakibatkan semen retak-retak setelah mengering. Dalam kaitannya dengan jenis batugamping, batugamping *boundstone* dan batugamping *grainstone* pada umumnya mempunyai nilai kandungan oksida yang memenuhi standar tersebut.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



BAGIAN VI

09

PENUTUP

Studi mikrofases batugamping membutuhkan keseriusan dan ketekunan. Pekerjaan lapangan merupakan kunci utama di dalam studi mikrofases. Kemudian, hasil pekerjaan lapangan digabungkan dengan data pengujian petrografi digunakan sebagai dasar di dalam interpretasi mikrofases batugamping.

Pemerian petrografi batugamping di bawah mikroskop polarisasi memang cukup membosankan. Secara petrografi, batugamping mempunyai penampakan warna yang monoton karena secara mineralogi dikuasai oleh kalsit. Meskipun demikian, dengan memisahkan jenis komponen batugamping, termasuk butiran karbonat, matriks, semen karbonat, material lain, dan keporian batuan, akan sangat berguna untuk penentuan lingkungan pengendapan batugamping tersebut. Identifikasi struktur, tekstur, dan komponen penyusun batugamping, yang diikuti dengan klasifikasi batugamping tersebut, digunakan sebagai dasar penentuan mikrofases batugamping.

Lingkungan pengendapan batugamping telah diulas oleh cukup banyak ahli terdahulu. Guna melakukan analisis mikrofases batugamping diperlukan pengetahuan tentang lingkungan pengendapan batugamping. Secara umum, lingkungan pengendapan batugamping dapat dikelompokkan menjadi tiga lingkungan pengendapan utama, yaitu darat, peralihan, dan laut; yang mana lingkungan laut merupakan tempat utama pembentukan dan pengendapan batugamping. Pada saat ini, hanya 10% batugamping terbentuk di lingkungan laut dangkal, sedangkan 90% batugamping terbentuk di laut dalam.

Banyak ahli sedimentologi terdahulu menentukan lingkungan pengendapan laut dipisahkan menjadi dua, yaitu laut dangkal dan laut dalam. Keduanya dipisahkan oleh tekuk-lereng pada dangkalan. Lingkungan pengendapan laut dangkal meliputi dangkalan benua, termasuk lingkungan peralihan. Pada umumnya, lingkungan pengendapan laut dalam berada di bawah tekuk-lereng,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

meliputi lerengan, dasar lerengan, dataran abisal, pematang tengah samudra, tinggian laut, gunungapi bawah laut, dan palung atau cekungan dalam.

Model fasies pengendapan didapatkan berdasarkan studi pengendapan batugamping modern dan batugamping purba. Model pengendapan dipakai untuk memperkirakan lingkungan pengendapan batuan. Aspek utama yang dijadikan dasar untuk pembuatan model fasies pengendapan dari laut dangkal hingga laut dalam, antara lain: 1) perubahan morfologi dasar laut yang dipisahkan oleh tekuk-lereng; 2) batasan tegak yang memengaruhi kedalaman dasar laut; dan 3) perbedaan secara lateral pada komponen endapan dan biota. Beberapa model pengendapan batugamping yang telah dikemukakan meliputi model-model paparan, landaian, dangkalan, paparan dan landaian epeirik, dan zonasi biotik. Tercatat ada sembilan zona fasies yang diusulkan oleh Wilson (1975), meliputi cekungan laut dalam, dangkalan dalam, tepi dangkalan dalam, lerengan, terumbu tepi paparan, paparan tertampi, paparan terbuka, paparan terbatas, dan paparan penguapan.

Standar mikrofasies merupakan turunan dari fasies pengendapan lokal yang didasarkan aspek-aspek paleontologi dan/atau sedimentologi. Konsep standar mikrofasies adalah mengelompokkan pola-pola kesamaan tekstur dan komposisi batuan dalam kaitannya dengan perbedaan lingkungan pengendapan batuan. Tercatat ada 26 tipe standar mikrofasies (Flugel, 1982, 2004), yang dibuat dengan acuan model pengendapan paparan karbonat terbatas menurut Wilson (1975). Standar mikrofasies sangat berguna untuk penentuan lingkungan pengendapan batugamping. Meskipun demikian, pengamatan secara menyeluruh tentang batugamping perlu dilakukan, yang meliputi 1) pemeriksaan kembali interpretasi mikrofasies dan dibandingkan dengan kenampakan di lapangan, seperti lithofasies dan struktur sedimen; 2) pengecekan penentuan mikrofasies dengan data paleontologi dan paleoekologi; dan 3) mikrofasies batugamping jangan langsung ditentukan tanpa melihat aspek yang lain secara keseluruhan.

Sebagai contoh studi mikrofasies batugamping, penulis telah mengemukakan beberapa penelitian mikrofasies batugamping Paleogen-Neogen di wilayah Indonesia bagian barat di beberapa lokasi terpilih. Penelitian mikrofasies ini dimulai pada tahun 2004 hingga sekarang. Beberapa satuan batuan yang dibahas meliputi Formasi Baturaja di Sumatra Selatan, Formasi Rajamandala di Jawa Barat, Formasi Jonggrangan di Yogyakarta, Formasi Sentolo di Yogyakarta, Formasi Wonosari di Jawa Timur, dan Formasi Berai di Kalimantan Selatan.

Hasil penelitian mikrofasies Formasi Baturaja di Sumatra Selatan menunjukkan bahwa pola perkembangan lingkungan pengendapan batugamping

Formasi Baturaja yang diawali dengan fase genang laut dan diakhiri susut laut, khususnya di Lintasan Air Malau (Maryanto, 2016a). Hal ini juga terjadi di Lintasan Air Napalan (Maryanto, 2005) dan di Lintasan Air Saka (Maryanto, 2008). Selanjutnya, Formasi Baturaja tertindih selaras oleh batuan silisiklastika laut dangkal nonkarbonat Neogen dan batuan gunungapi Kuarter. Dengan diketahuinya perkembangan fasies pengendapan seperti tersebut di atas, dapat diperkirakan bahwa nilai keporian batuan primer hanya didapatkan dalam jumlah terbatas. Proses diagenesis, khususnya peretakan meningkatkan nilai keporian batuan, termasuk batugamping Formasi Baturaja. Nilai keporian pada batugamping Formasi Baturaja meningkat dengan adanya kekar dan retakan. Meskipun di permukaan retakan-retakan tersebut telah terisi oleh semen karbonat orthosparit kalsit, dimungkinkan di bawah permukaan keporian sekunder retakan tersebut masih terawetkan. Dengan demikian, batugamping Formasi Baturaja masih memungkinkan untuk berfungsi sebagai batuan waduk hidrokarbon.

Hasil penelitian mikrofases batugamping Formasi Rajamandala di Jawa Barat menghasilkan gambaran paleogeografi di daerah ini pada Paleogen-Neogen. Fase awal pengendapan batugamping ini memperlihatkan bahwa daerah penelitian pada Kala Oligo-Miosen merupakan wilayah pada fasies pengendapan inti terumbu, sayap terumbu, terumbu depan. Runtunan batuan pada ketiga fasies pengendapan ini berulang secara teratur, meskipun secara umum runtunan batuan semakin ke arah atas cenderung menjadi lingkungan terumbu depan. Runtunan batuan diakhiri oleh endapan dari fasies pengendapan tepi lerengan dan dangkalan. Dari runtunan fasies pengendapan tersebut di atas, dapat dikatakan bahwa batugamping Formasi Rajamandala terbentuk dan terendapkan dalam kondisi genang laut, yang mana laut semakin menjadi dalam ke arah atas runtunan stratigrafinya. Di lain pihak, pada daerah yang relatif berada di utara daerah penelitian (Maryanto dkk., 2008a; Maryanto, 2009), seperti yang teramati di Lintasan Gua Pawon, batugamping Formasi Rajamandala terendapkan di lingkungan terumbu belakang hingga sayap terumbu. Dengan mengacu keadaan yang demikian ini, kedudukan daratan pada saat batugamping Formasi Rajamandala terbentuk dan terendapkan adalah di bagian utara daerah penelitian, menjadi paparan karbonat di daerah penelitian, dan semakin menjadi laut dalam di bagian selatan daerah penelitian. Fase akhir pengendapan batugamping Formasi Rajamandala tersebut terhenti akibat kegiatan gunungapi pada Kala Miosen Tengah.

Berdasarkan hasil penelitian mikrofases batugamping Formasi Jonggrangan dan Formasi Sentolo di Daerah Istimewa Yogyakarta, dapat diketahui keadaan paleogeografi Neogen di daerah tersebut. Batugamping Formasi Jonggrangan

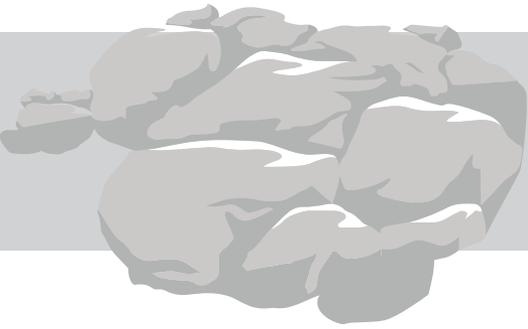
terendapkan di atas batuan alas gunungapi Formasi Kebobutak. Seperti halnya yang terjadi pada Formasi Sentolo (Maryanto, 2009, 2012), bagian bawah batugamping Formasi Jonggrangan masih bersifat pasiran dengan kepingan batuan gunungapi cukup banyak. Kedudukan tektonika di lintasan penelitian pada saat itu tidak diketahui apakah berada di wilayah busur depan, atau di wilayah busur belakang gunungapi, atau di antara gunungapi. Fase pengendapan batugamping Formasi Jonggrangan pada saat itu secara umum dengan keadaan susutlaut. Proses naik dan turunnya muka air laut pada saat pengendapan batugamping Formasi Jonggrangan tecermin oleh perulangan lapisan batugamping yang terbentuk pada lingkungan yang sama secara ritmik. Fase terakhir pengendapan batugamping Formasi Jonggrangan masih berlanjut pada Kala Miosen Akhir yang membentuk Formasi Sentolo. Batugamping Formasi Sentolo diawali dengan endapan tepi landaian dalam, runtunan lereng depan, dan sayap terumbu. Lingkungan pengendapan batuan bergeser menjadi lerengan lokal terumbu belakang hingga tepi landaian atau lerengan pada paparan tertampi. Selanjutnya, lingkungan pengendapan bergeser kembali menjadi tepi landaian dalam.

Berdasarkan hasil penelitian mikrofases batugamping Formasi Wonosari di Jawa Timur, dapat diketahui keadaan paleogeografi Neogen di daerah tersebut. Bagian bawah batugamping Formasi Wonosari di Pacitan terendapkan di lingkungan pengendapan laut dangkal dengan sirkulasi terbuka. Fluktuasi muka air laut terjadi lebih intensif di bagian tengah runtunan batuan. Sebagai akibatnya, lingkungan sering bergantian dari laut dangkal dengan sirkulasi terbuka, dangkalan laguna, teluk hingga kubangan sangat terbatas, hingga sayap terumbu. Bagian atas runtunan, lingkungan pengendapan masih beragam, dari lerengan atau cekungan lokal pada dangkalan laguna, tepi lerengan dan landaian pada paparan tertampi, hingga sayap terumbu. Pergeseran lingkungan pengendapan ini terjadi sebagai akibat naik-turunnya muka air laut secara lokal pada saat itu. Meskipun fasies sayap terumbu telah ditemukan, fasies lereng depan terumbu tidak dijumpai. Dengan demikian, lingkungan pengendapan batugamping Formasi Wonosari tidak pernah berada di landaian dalam, apalagi di lingkungan cekungan laut dalam. Secara umum, terlihat bahwa pengendapan batugamping di lokasi penelitian adalah genang laut, berakhir pada fasies sayap terumbu.

Berdasarkan hasil penelitian mikrofases batugamping Formasi Berai di Kalimantan Selatan, dapat diketahui keadaan paleogeografi Neogen di daerah tersebut dalam kaitannya dengan sumber daya hidrokarbon. Bagian bawah batugamping Formasi Berai diendapkan di landaian karbonat terbatas yang dibatasi oleh sesar akibat aktifnya kegiatan tektonik pada saat itu. Pengendapan

batugamping berjalan dengan keadaan genanglaut, bersamaan dengan proses penurunan cekungan. Adanya fluktuasi muka air laut mengakibatkan fasies pengendapan batugamping berulang beberapa kali, meliputi fasies-fasies lerengan lokal terumbu belakang, tepi landaian atau lerengan pada paparan tertampi, dan sayap terumbu. Lingkungan pengendapan secara umum berkembang semakin dalam atau berkeadaan genanglaut. Menginjak bagian atas runtunan batuan, beberapa sisipan batugamping nonklastika hadir dengan jumlah dan ketebalan terbatas. Selanjutnya, runtunan batugamping diakhiri dan berkembang menjadi napal Formasi Berai yang terendapkan di lingkungan laut terbuka. Keadaan paleogeografi pada saat itu daerah penelitian masih merupakan landaian benua dengan tinggian berada di sebelah baratlaut. Pengendapan batugamping pada fasies laut dalam terbuka berada di sebelah tenggara daerah penelitian. Perluasan paparan karbonat Oligo-Miosen ini berkembang jauh hingga ke Selat Makassar. Dalam kaitannya dengan keterdapatan sumber daya hidrokarbon, hasil penelitian ini mengidentifikasi bahwa batugamping Formasi Berai kurang dapat berfungsi sebagai batuan waduk hidrokarbon di Cekungan Barito.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



DAFTAR PUSTAKA

- Abed, A. M., & Schneider, W. (1982). The Cenomanian nodular limestone member of Jordan: From subtidal to supratidal environments. *Monatshefte: Neues Jahrbuch für geologie und palaontologie*, 513–522.
- Abegg, F. E. R., Harris, P. M., & Loope, D. B. (Eds.). (2001). *Modern and ancient carbonate eolianites: Sedimentology, sequence stratigraphy and diagenesis*. SEPM Special Publication, 71, 214.
- Adams, A. E., & MacKenzie, W. S. (1998). *A color atlas of carbonate sediments and rocks under the microscope*. New York, Toronto: John Wiley & Sons, 180.
- Adams, A. E., MacKenzie, W. S., & Guilford, C. (1984). *Atlas of sedimentary rocks and their textures (99)*. Essex: Longman Scientific and Technical.
- Adinugroho, N. (2008). *Golongan bahan galian*. Diakses pada 10 Agustus 2016 dari <https://nooradinugroho.wordpress.com/2008/10/15/golongan-bahan-galian/>.
- Afzal, J., & Jurgan, H. (2015). High resolution bio-sequence stratigraphy and Carbonate microfacies: A tool to explore the sedimentary history of a basin-applied on the Paleocene-Eocene petroleum system of the Salt Range, Pakistan. *Geo-Convention Calgary Canada*, 4–5 May 2015, 7.
- Ahr, W. M. (2008). *Geology of carbonate reservoir: The identification, description and characterization of hydrocarbon reservoirs in carbonate rocks*. John Wiley & Sons Publ. Inc., Hoboken, New Jersey, 277.
- Ahr, W. M. (1998). Carbonate ramps, 1973–1996: A historical review. Dalam Wright, V.P. & Burchette, T.P. (Eds.). *Carbonate ramps*. Geological Society of London Special Publication, 149, 7–14.
- Ahr, W. M. (1973). The carbonate ramp: An alternative to the shelf model. *Transact. Gulf Coast Assasin of Geological Society*, 23, 221–225.
- Aigner, T., Brandenburg, A., Van Vliet, A., Doyle, M., Lawrence, D., & Westrich, J. (1990). Stratigraphic modelling of epicontinental basins: Two applications. *Sedimentary Geology*, 69, 167–190.
- Aitken, J. D. (1967). Classification and environmental significance of cryptalgal limestones and dolomites, with illustrations from the Cambrian and Ordovician of Southwestern Alberta. *Journal of Sedimentary Petrology*, 37(4), 1163–1178.

- Allen, P. A., & Collinson, J. D. (1986). Lakes. Dalam H. G. Reading (Ed.), *Sedimentary Environments and Facies. Second Edition* (63–94). Oxford: Blackwell.
- Amel, H., Jafarian, A., Husinec, A., Koeshidayatullah, A., & Swennen, R. (2015). Microfacies, depositional environment and diagenetic evolution controls on the reservoir quality of the Permian Upper Dalan Formation, Kish gas field, Zagros basin. *Marine and Petroleum Geology*, 67, 57–71.
- Anderton, R. (1985). Clastic facies models and facies analysis. Dalam P. J. Brenchley & B. J. P. Williams (Eds.), *Sedimentology: Recent Developments and Applied Aspects* (31–47). Oxford: Blackwell Scientific Publication.
- Andreeva, P. (2008). Microfacies analysis of Middle Devonian (Eifelian) carbonate rocks from deep wells in North-Eastern Bulgaria (preliminary results). *Geologie Sedimentologie*, 61, 1309–1314.
- Anonim. (2015). *Ngrijangan*. Diakses pada 10 Juni 2015 dari <http://gunungsewugeopark.com/>.
- Anonime. (2016). *Introduction to carbonates petrology*. SEPM Stratigraphy Web. Diakses pada 10 Januari 2016 dari <http://www.sepmstrata.org/page.aspx?&pageid=88&4>.
- Anselmetti, F. S., Luthi, S., & Eberli, G. P. (1998). Quantitative characterization of carbonate pore systems by digital image analysis. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 82, 1815–1836.
- Asl, S. S., & Aleali, M. (2016). Microfacies patterns and depositional environments of the Sarvak Formation in the Abadan plain, southwest of Zagros, Iran. *Open Journal of Geology*, 6, 201–209.
- Asy'ari, M. R., & Winardi, S. (2014). Hubungan antara evolusi porositas dengan karakteristik diagenesis Formasi Wonosari di Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, Provinsi DIY. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada*, 7, 721–732.
- Audley-Charles, M. G., Ballantyne, P. D., & Hall, R. (1988). Mesozoic-Cenozoic rift-drift sequence of Asian fragments from Gondwanaland. *Tectonophysics*, 155, 317–330.
- Avianto, R., & Widarmayana, I. W. (2006). Arun and North Sumatra offshore carbonate gas fields, North Sumatra Basin, Indonesia. Dalam *2006 AAPG International Conference and Exhibition, November 5–8, 2006* (abstract).
- Aziz, H. A., Rubio, E. S., Calvo, J. V., Hilgen, F. J., & Krijgsman, W. (2003). Paleoenvironmental reconstruction of a middle Miocene alluvial fan to cyclic shallow lacustrine depositional system in the Calatayud basin (NE Spain). *Sedimentology*, 50, 211–236.
- Bariato, D. H., Kuncoro, P., & Watanabe, K. (2010). The use of foraminifera fossils for reconstructing the Yogyakarta graben, Yogyakarta, Indonesia. *Journal of South East Asia Applied Geology*, 2, 138–143.
- Bathurst, R. G. C. (1975). *Carbonate sediments and their diagenesis, second enlarged edition*. New York, Amsterdam, Oxford: Elsevier Scientific Publishing Company, 658.
- Bemmelen, R. W. van. (1949). *The geology of Indonesia, Vol. IA, general geology*. The Hague, Netherlands: Martinus Nijhoff, 732.
- Benedicto, A., & Schultz, R. A. (2010). Stylolites in limestone: Magnitude of contractional strain accommodated and scaling relationship. *Journal of Structural Geology*, 32, 1250–1256.

- Ben-Itzhak, L. L., Aharonov, E., Karcz, Z., Kaduri, M., & Toussaint, R. (2014). Sedimentary stylolite networks and connectivity in limestone: Large-scale field observations and implications for structure evolution. *Journal of Structural Geology*, 63, 106–123.
- Berger, W. H. (1991). Produktivitat des Ozeans aus geologischer Sicht: Denkmodelle und Beispiele. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 142, 149–178.
- Bissel, H. J., & Chilingar, G. V. (1967). Classification of sedimentary carbonate rocks. Dalam G. V. Chilingar, H. J. Bissel, R.W. Fairbridge (Eds.), *Carbonate Rocks*. Development of Sedimentology, 9A, 87–168.
- Bishop, M. G. (2001). *South Sumatra basin province, Indonesia: The Lahat/Talangakar Cenozoic total petroleum system*. USGS open file report 99-50-S2001.
- Bishop, M. G. (2000a). *South Sumatra basin province, Indonesia: the Lahat/ Talangakar Cenozoic total petroleum system*. Open file report 99-50S US Geological Survey. Diakses pada 27 Maret 2006 dari <http://geology.cr.usgs.gov/energy/WorldEnergy/OF99-50S/occurrence.html>.
- Bishop, M. G. (2000b). *Petroleum system of the northerst Java province and offshore southeast Sumatra, Indonesia*. Open file report 99-50R US. Geological Survey. Diakses pada 13 Juni 2006 dari <http://geology.cr.usgs.gov/energy/WorldEnergy/OF99-50R/index.html>.
- Blatt, H., Middleton, G. V., & Murray, R. C. (1980). *Origin of sedimentary rocks*. New Jersey: Prentice Hall, 634.
- Boggs, S. Jr. (1992). *Petrology of sedimentary rocks*. New York: Macmilian Publ. Co., 707.
- Borszcz, T. (2014). The 2014 international course on carbonate microfacies (Erlangen-Germany): A life time benefit. *Geologos*, 20, 223–225.
- Boudagher-Fadel, M. K., & Lokier, S. W. (2005). Significant Miocene larger foraminifera from south central Java. *Revue de Paleobiologie Geneve*, 24(1), 291–309.
- Bouma, A. H., & Nota, D. J. G. (1961). Detailed graphic log of sedimentary formation. Dalam *International Geological Congress Reprint 12st Session*, 23, 52–74.
- Braithwaite, C. J. R., Taylor, J. D., & Glover, E. A. (2000). Marine carbonate cements, biofilms, biomineralization, and skeletogenesis: Some bivalves do it all. *Journal of sedimentary Research*, 70, 1129–1138.
- Bronto, S. (2007). Genesis endapan aluvium dataran Purworejo, Jawa Tengah: Implikasinya terhadap sumberdaya geologi. *Jurnal Geologi Indonesia*, 2, 207–215.
- Brown, J. S. (1943). *Suggested use of the word microfacies*. New Haven: Economic Geology 38, 325.
- Browne, P. R. L. (1978). Hydrothermal alteration in active geothermal fields. Dalam *Annual Convention of Earth Planetary Science*, 229–250.
- Burchette, T. P. & Wright, V. P. (1992). Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary Geology*, 79, 3–57.
- Burgess, P. M. (2008). The nature of shallow-water carbonate lithofacies thickness distributions. *Geology*, 36, 235–238.
- Carozzi, A.V. (1989). *Carbonate rock depositional models: A microfacies approach*. Englewood Cliffs, New York: Prentice Hall, 604.
- Carter, L. G., & Smith, D. K. (1958). Properties of cementing composition at elevated temperatures and pressure. *Petroleum Transactions AIME*, 219, 281–287.

- Chafetz, H. S., & Folk, R. L. (1984). Travertines: Depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *Journal of Sedimentary Petrology*, 54, 289–316.
- Chafetz, H. S., & Butler, J. C. (1980). Petrology of recent caliche, pisolites, spherulites and speleothem deposits from central Texas. *Sedimentology*, 27, 497–518.
- Charlton, T. R. (2001). Permo-Triassic evolution of Gondwana eastern Indonesia, and the final Mesozoic separation of SE Asia from Australia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 19, 595–617.
- Choquette, P. W., & James, N. P. (1988). *Paleokars*. New York: Springer-Verlag, 416.
- Choquette, P. W., & Pray, L. W. (1970). Geological nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. *American Association of Petroleum Geology Bulletin*, 54, 207–50.
- Clements, B., & Hall, R. (2007). Cretaceous to Late Miocene stratigraphic and tectonic evolution of West Java. Dalam *Proceedings Thirty-First Annual Convention and Exhibition Indonesian Petroleum Association*, May 2007.
- Clure, J., & Fiftiani, N. (2001). Hydrocarbon exploration in the Merang triangle, South Sumatra basin. Dalam *Proceeding Indonesian Petroleum Association 28 Annual Convention & Exhibition*, October 2001.
- Cook, H. E., Hine, A. C., & Mullins, H. T. (1983). Platform margin and deep water carbonates. *Society of Economic Paleontology and Mineralogy Short Course*, 12, 563.
- Cook, H. E., & Mullins, H. T. (1983). Basin margin environment. Dalam C. H. Moore, D. G. Bebout, & P. A. Scholle (Eds.), *Carbonate depositional environments*. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 33, 539–617.
- Cook, H. E., & Enos, P. (1977). *Deep water carbonate environments*. Soc. Econ. Palwnt. MUI. Special Publication, 25, 336.
- Coster De, G. I. (1974). The geology of the central and south Sumatra basins. Dalam *Proceeding of 3rd Annual Convention of Indonesian Petroleum Association*, 77–110.
- Dickson, J. A. D. (1965). A modified staining technique for carbonates in thin section. *Nature* 205, 287.
- Doust, H., & Noble, R. A. (2008). Petroleum system of Indonesia. *Marine of Petroleum Geology*, 25, 103–128.
- Dunham, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. Dalam W. E. Ham (Ed), *Classification of Carbonate Rocks*. American Association of Petroleum Geology Memoir, 1, 108–121.
- Dupont, E. (1982). Les iles coralliennes de roly et de Philipperville. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologist*, 1, 89–160.
- Edinger, E. N., Copper, P., Risk, M. J., & Atmoryo, W. (2002). Oceanography and reefs of Recent and Paleozoic tropical epeiric seas. *Facies*, 47, 127–150.
- Edwards, A. R. (1979). Classifications on marine environments. *Geological Society of New Zealand Newsletter*, 48, 8.
- Ehrlich, R., Crabtree, S. J., Horkowitz, K. O., & Horkowitz, J. P. (1991). Petrography and reservoir petrophysics I: Objective classification of reservoir porosity. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 75, 1547–1562.

- Ehrlich, R., & Horkowitz, J. P. (1987). Estimation of petrophysics from thin section: Petrographic image analysis. *American Association of Petroleum Geologist*, Southwest Section meeting, 238.
- Embry, A. F., & Klovan, J. E. (1971). A Late Devonian reef tract on north-eastern Banks Island, north west territory. *Canadian Petroleum Geologist Bulletin*, 19, 730–781.
- Enos, P. (1983). Shelf environment. Dalam C. H. Moore, D. G. Bebout, & P. A. Scholle (Eds.), *Carbonate depositional environments*. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 33, 267–296.
- Enos, P., & Moore, C. H. (Eds.). (1983). Fore-reef slope environment. *Carbonate depositional environments*. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 33, 507–537.
- Erdiansyah, E., Iryanti, M., & Wardhana, D. D. (2015). Identifikasi struktur bawah permukaan dengan menggunakan metode magnetotelurik daerah sekitar Bogor, Jawa Barat, sebagai potensi sistem hidrokarbon. *Fibusi (Jurnal Online Fisika)*, 3, 1–10.
- Ernawan, Y. (2000). Studi taksonomi pembuatan beliung prasejarah di Ngrijang Sengon, Ngrijangan, Gunung Gamping, Kendeng Lembu: Aplikasi analisis kluster Steninhouse dan uji D/MA. *Berkala Arkeologi*, 19(2), 29–47.
- Fairchild, I. J., Bradby, L., & Spiro, B. (1993). Carbonate diagenesis in ice. *Geology*, 21, 901–904.
- Fairchild, I. J., & Spiro, B. (1990). Carbonate minerals in glacial sediments: Geochemical clues to paleoenvironment. Dalam J. A. Dowdeswell & J. D. Scource (Eds.), *Glaci-marine environments and processes*. Geological Society of London Special Publication, 53, 241–256.
- Febriani, F. (2014). Subsurface structure of the Cimandiri fault zone, West Java, Indonesia. *Thesis Department of Earth Science*, Chiba University, Japan. (unpublished).
- Flügel, E. (2004). *Microfacies of carbonate rocks: Analysis, interpretation and application*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag Inc., 976.
- Flügel, E. (1982). *Microfacies analysis of limestones*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag Inc., 633.
- Flügel, E. (1981). Paleogeology and facies of Upper Triassic reefs in the Northern calcareous Alps (Austria and Italy) *Society of Economy, Paleontology and Mineralogy Special Publication*, 30, 291–359.
- Flügel, E. (1972). Mikrofazielle untersuchungen in der Alpen Trias: Methoden und probleme. *Mitt. Ges. Geologie bergbaustud*, 21, 9–64.
- Folk, R. L., & Assereto, R. (1976). Comparative fabric of length-slow and length-fast calcite and calcitized aragonite in a Holocene speleothem, Carlsbad Cavern, New Mexico. *Journal of Sedimentary Petrology*, 46, 486–496.
- Folk, R. L. (1969). Toward greater precision in rock-color terminology. *Geological Society of America Bulletin*, 80, 725–728.
- Folk, R. L. (1962). Spectral subdivisions of limestone types. Dalam W. E. Ham (Ed.), *Classification of carbonate rocks*. American Association of Petroleum Geology Memoir, 1, 62–85.
- Folk, R. L. (1959). Practical petrographic classification of limestones. *American Association of Petroleum Geology Bulletin*, 43, 1–38.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

- Ford, T. D., & Pedley, H.M. (1996). A review of tufa and travertine deposits of the world. *Earth-Science Reviews*, 41, 117–175.
- Friedman, G. M. (1965). Terminology of crystalization textures and fabric in sedimentary rocks. *Journal of Sedimentary Petrology*, 35, 643–655.
- Freytet, P. & Plaziat, J. C. (1982). *Continental carbonate sedimentation and pedogenesis: Late Cretaceous and Early Tertiary of southern France*. Contributions to Sedimentology 12, Stuttgart, 213.
- Gafoer, S., Amin, T. C., & Pardede, R. (1993). *Peta geologi lembar Baturaja, Sumatra, skala 1:250.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Gafoer, S., Amin, T. C., & Poernomo, J. (1986). *Peta geologi lembar Lahat, Sumatra, skala 1:250.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Galli, G., & Sarti, C. (1989). Morphology and microstructures of Holocene freshwater-stream cyanobacterial stromatolites (Villa Ghigi, Bologna, Italy). *Revista Paleobiology*, 8, 39–49
- Geel, T. (2000). Recognition of stratigraphic sequences in carbonate platform and slope deposits: Empirical models based on microfacies analysis of Paleogene deposits in southeastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology*, 155, 211–238.
- Grabau, A. W. (1904). On the classification of sedimentary rocks. *American Geologist*, 33, 228–247.
- Grauss, R. R., & Macintyre, L. G. (1989). The zonation patterns of Caribbean coral reefs as controlled by wave and light energy input, bathymetric setting and reef morphology: Computer stimulation experiments. *Coral Reefs*, 8, 9–18.
- Gregg, J. M. (2006). *Photographic gallery of carbonate petrology*. Diakses pada 27 Februari 2016 dari <http://web.umr.edu/~greggjay/CarbonatePage/photogal.html>.
- Gutteridge, P., Garland, J., Vincent, B., & Kettle, S. (2011). *Southeast Carbonate systems and reservoir development: An up-to-date synthesis*. Cambridge: Cambridge Carbonate Ltd., 612.
- Gutteridge, P. (1985). Grain size measurement from acetate peels. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55, 595–596.
- Hadipandoyo, S., Setyoko, J., Suliantara, Guntur, A., Riyanto, H., Saputro, H. H., Harahap, M. D., & Firdaus, N. (2007). *Kualifikasi sumberdaya hidrokarbon Indonesia*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumberdaya Mineral “LEMIGAS”.
- Hakiki, F., Sekti, R. P., Derewetzsky, A. N., Strohmenger, C. J., Fullmer, S. M., Simo, T., Sapiie, B., Nugroho, D. (2012). Facies analysis of the Tertiary Rajamandala limestone integrating surface and subsurface data (Java, Indonesia). *Proceeding of Thirty-fifth Annual Convention and Exhibition, Indonesian Petroleum Association*, May 2011. (abstract).
- Hall, R. (1997). Cenozoic tectonics of SE Asia and Australia. *Proceedings of the Petroleum Systems of SE Asia and Australasia Conference*. May 1997, 47–62.
- Hall, R. (2001). Cenozoic reconstructions of SE Asia and the SW Pacific: changing patterns of land and sea. Dalam I. Metcalfe, I. D. Davidson, M. Morwood, & M. J. B. Smith (Eds.), *Faunal and Floral Migrations and Evolution in SE Asia-Australasia*. Lisse: A. A. Balkema (Swets & Zeitlinger Publisher), 35–56.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

- Hall, R., Clements, B., Smyth, H. R., & Cottam, M. A. (2007). A new interpretation of Java's structure. *Proceeding 31st Annual Convention and Exhibition, Indonesian Petroleum Association*, May 2007.
- Halley, R. B., Harris, P. M., & Hines, A. C. (1983). Bank margin environment. Dalam C. H. Moore, D. G. Bebout, & P. A. Scholle (Eds.), *Carbonate depositional environments*. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 33, 463–506
- Hallock, P., & Glenn, E. C. (1986). Larger foraminifera: A tool for palaeo-environmental analysis for Cenozoic depositional carbonate facies. *Palaios*, 1, 55–64.
- Ham, W. E. (1954). Algal origin of the “bird-eye” limestone in the McLish Formation. *Oklahoma Academica of Science Proceeding*, 33, 200–203.
- Hamilton, W. (1979). Tectonics of the Indonesia region. *USGS Professional Paper*, 1078, 1–345.
- Handford, C. R., & Loucks, R. G. (1993). Carbonate depositional sequences and system tracks: Responses of carbonate platforms to relative sea-level changes. Dalam H. E. Sarg & R. G. Loucks (Eds.), *Carbonate Sequence Stratigraphy: Recent Developments and Applications*. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 57, 3–41.
- Hardie, L. A., & Shim, E. A. (1986). Carbonate depositional environments, modern and ancient. Part 3. Tidal flats. *Colorado School of Mines Quarterly*, 81, 1–74
- Harrel, J. (1981). Measurement errors in the thin section analysis of grain packing. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51, 674–676.
- Harris, P. M., Moore, C. H., & Wilson, J. L. (1985). *Carbonate depositional environments. Modern and ancient. Part 2: Carbonate platforms*. Colorado School of Mines Quart., 80, 1–60.
- Harting, A. (1929). Tagogapoe. Fourth Pacific Science Congress. *Geological Survey Bandung*, 14.
- Hartono, U., & Djumhana, D. (2009). Batuan malihan. Dalam Hartono, Sukamto, Surono, & Panggabean (Ed.). *Evolusi magmatik Kalimantan Selatan*. Publikasi Khusus Pusat Survei Geologi, 23, 75–84.
- Harzhauser, M., & Piller, W. E. (2009). Molluscs as a major part of subtropical shallow-water carbonate production: An example from a Middle Miocene oolite shoal (Upper Serravallian, Austria). *International association of sedimentologist special publication*, 42, 185–200.
- Hasan, I. (2004). *Analisis data penelitian dengan statistik*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Hegdpet, J. E. (1957). Classifications on marine environments. Dalam J. E. Hegdpet (Ed.), *The treatise on marine geology and paleoecology*. Vol 1: Ecology. Geological Society of America Memoir, 67, 17–28.
- Hennebert, M., & Lees, A. (1991). Environmental gradients in carbonate sediments and rocks detected by correspondence analysis: Examples from the Recent of Norway and the Dinantian of southwest England. *Sedimentology*, 38, 623–642
- Heryanto, R. (2010). *Geologi Cekungan Barito, Kalimantan*. Bandung: Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 139.
- Heryanto, R., Sutrisno, Sukardi, & Agustiyanto, D. A. (1998). *Peta geologi lembar Belimbing, Kalimantan, skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

- Heryanto, R., & Sanyoto, P. (1994). *Peta geologi lembar Amuntai, Kalimantan Selatan, skala 1:250.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Hobbs, W. O., Lalonde, S. V., Vinebrooke, R. D., Konhauser, K. O., Weidman, R. P., Graham, M. D., & Wolfe, A. P. (2010). Algal silica cycling and pigment diagenesis in recent alpine lake sediments: mechanisms and paleoecological implications. *Journal of Paleolimnology*, 14, 613–628.
- Holloway, J. D., & Hall, R. (1998). SE Asian geology and biogeography: An introduction. Dalam J. D. Holloway & R. Hall (Eds.), *Biogeography and geological evolution of SE Asia* (1–23). Leiden: Blackbuys Publisher.
- Hutchinson, C. S. (1996). *South-east Asian oil, gas, coal and mineral deposits*. Oxford: Clarendon Press.
- Hutchison, C. S. (1992). The Eocene unconformity on southeast and east Sundaland. *Geological Society of Malaysia Bulletin*, 32, 69–88.
- Indranadi, V. B., Prasetyadi, C., & Toha, B. (2012). Yogyakarta pull-apart basin. geology of Indonesia, stratigraphic column geology of Java, Sumatra, Kalimantan, Sulawesi and Papua. Diakses pada 10 Maret 2013 dari <http://ilmugeologi.com/2012/08/yogyakarta-pull-apart-basin.html>.
- Inden, R. F., & Moore, C. H. (1983). Beach environment. Dalam C. H. Moore, D. G. Bebout, & P. A. Scholle (Eds.), *Carbonate depositional environments*. American Association of Petroleum Geologists Memoirs, 33, 211–265.
- Insani, H., Jatiningrum, R. S., Dwijo, W., Seftiawan, H., Riswanti, M. A., & Aswan (2010). Depositional mechanism analysis of carbonate facies, Rajamandala Formation, Pasir Aseupan, Sukabumi, West Java, Indonesia using paleontological data. *Jurnal Teknologi Mineral*, 17(3), 191–198.
- Jambak, M. A., Ovinda, & Nababan, U. P. (2014). Asosiasi fosil dan paleoekologi batuan karbonat Formasi Rajamandala, Padalarang, Jawa Barat. *Mindagi*, 8, 1–12.
- James, N. P., & Jones, B. (2016). *Origin of carbonate sedimentary rocks*. Chickester UK: John Wiley & Sons, 236.
- James, N. P., & Bourque, P. A. (1992). Reef and mound. Dalam Walker, R. G., & James, N. P. (Eds.). *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geological Society of Canada, 323–348.
- James, N. P., & Kendall, A. C. (1992). Introduction to carbonate and evaporite facies models. Dalam N. P. James & R. G. Walker (Eds.), *Facies Models. Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada, 265–276.
- James, N.P. (1991). Diagenesis of carbonate sediments, notes to accompany a short course. *Geological Society of Australia*, 101.
- James, N. P. (1993). Reef environment. Dalam C. H. Moore, D. G. Bebout, & P. A. Scholle (Eds.). *Carbonate depositional environments*. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 33, 345–440.
- James, N. P., & Choquette, P. W. (1990). Limestones: The sea-floor diagenetic environment. Dalam McIlreath, I. A., & Morrow, D. W. (Eds.). *Diagenesis*. Ottawa, Canada, Geoscience of Canada Reprint Series, 4, 13–34.

- James, N. P., & Mountjoy, E. W. (1983). Shelf slope break in fossil carbonate platforms: An overview. *Society of Economic, Paleontology and Mineralogy Special Publication*, 33, 189–206.
- James, N. P., & Debrenne, F. (1980). Lower Cambrian bioherms: Pioneer reefs of the Phanerozoic. *Acta Palaeontologica Polonica*, 25(3), 655–668.
- Jauhari, U., & Toha, B. (2005). High resolution sequence stratigraphy and diagenesis in carbonate rocks, Wonosari Formation, Yogyakarta: An outcrop analog for modeling chalky limestone reservoir distribution. Dalam *Proceedings, Indonesian Petroleum Association Thirtieth Annual Convention & Exhibition*, August 2005.
- Jeffrey, B. M. (2008). Facies characterization and mechanism of termination of a Tertiary carbonate platform: Rajamandala Formation, West Java (abstract). Dalam *2008 Joint Annual Meeting of Celebrating the International Year of Planet Earth*. 9 October 2008, Houston, Texas
- JEOL Hightech Co. Ltd. (2004a). *Principles of scanning electron microscopy (scanning electron microscope training textbook)*. JEOL Hightech Co. Ltd., Japan.
- JEOL Hightech Co. Ltd. (2004b). *A guide to scanning microscope observation*. JEOL Hightech Co. Ltd., Japan.
- Jones, B., & Desrochers, A. (1992). Shallow platform carbonates. Dalam Walker, R. G., & James, N. P. (Eds), *Facies Models, Response To Sea Level Change* (277–301). Geological Association of Canada Bulletin.
- Jorry, S. J., & Bievre, G. (2011). Integration of sedimentology and ground penetrating radar for high-resolution imaging of a carbonate platform. *International Association of Sedimentology*, 58(6), 1370–1390.
- Karnawati, D., Pramumijoyo, S., & Hendrayana, H. (2006). Geology of Yogyakarta, Java: The dynamic volcanic arc city. *Geological Society of London*. IAEG 26 Paper Number 363, 7.
- Kasim, S. A., & Armstrong, J. (2015). Oil-oil correlation of the South Sumatra Basin reservoirs. *Journal of Petroleum and Gas Engineering*, 6(5), 54–61.
- Kendall, C. G. St. C., & Warren, J. (1987). Thromboliten and stromatolites: Two distinct types of microbial structures. *Palaos*, 1, 492–503.
- Kendall C. G. St. C. (2005). Carbonate petrology. Dalam C.G.St.C. Kendall & N. S. Alnaji (developers). *USC Sequence Stratigraphy Web*. Diakses pada 27 Februari 2016 dari <http://strata.geol.sc.edu/seqstrat.html>.
- Kendall, A. C., & Tucker, M. E. (1973). Radial fibrous calcite: A replacement after acicular carbonate. *Sedimentology*, 20, 365–387.
- Kendall, A. C. (1977). Fascicular-optic calcite: A replacement of bundled acicular carbonate cements. *Journal of Sedimentary Petrology*, 47, 1056–1062.
- Kennett, J. (1982). *Marine geology*. Englewood Cliff: Prentice Hall, 813p.
- Kindler, P., & Hearty, P. J. (1996). Carbonate petrography as an indicator of climate and sea-level changes: New data from Bahamian Quaternary units. *Sedimentologi*, 43, 381–399.
- Koeshidayatullah, A., Al-Ramadan, K., & Cantrell, D. L. (2013). Miocene carbonate microfacies distribution of Tendehantu Formation, Mangkalihat Peninsula: Approach of reservoir potential using outcrop analogue. Dalam *AAPG Annual Convention and Exhibition, Pittsburgh, Pennsylvania*, May 19–22, 2013 (abstract).

- Kolo, K., Keppens, E., Preat, A., & Claeys, P. (2007). Experimental observations on fungal diagenesis of carbonate substrates. *Journal of Geophysics Research*, 112: 1–20.
- Krumbein, W.C., & Sloss, L. L. (1963). *Stratigraphy and sedimentation*. 2nd ed. San Francisco, London: Freeman & Co., 660p.
- Kusumah, K. D., Maryanto, S., Jamal, Saputra, D. H., Faturrachman, M. L., & Rijani, S. (2015). *Pemetaan geologi lembar Kandangan bagian selatan Skala 1:50.000, Kalimantan Selatan*. Laporan Teknis Internal, Pusat Survei Geologi Bandung (tidak terbit).
- Leeder, M. (1999). *Sedimentology and sedimentary basin: From turbulence to tectonics*. Malden, Oxford, Victoria: Blackwell Scientific Publication, 592p.
- Leggett, J. K. (1985). Deep-sea pelagic sediments and palaeoceanography: A review of recent progress. Dalam B. P. J. Williams & P. Brenchley (Eds.), *Sedimentology, recent developments and applied aspects*. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 95–118.
- Leighton, M. W., & Pendexter, C. (1962). Carbonate rock types. Dalam W. E. Ham (Ed.), *Classification of carbonate rocks*. American Association of Petroleum Geology, 1, 33–61.
- Limbong, A., Maryanto, S., Sutjipto, R. H., Wiryosuyono, S., & Riyadi. (2004). Penelitian batuan karbonat baturaja, Sumatra Selatan (Laporan Teknis Internal). Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (tidak terbit).
- Lindholm, R. C. (1980). Intraclast orientation in Cambro-Ordovician limestones in western Maryland. *Journal of Sedimentary Petrology*, 50(4), 1205–1212.
- Lokier, S. (2000). *The Miocene Wonosari Formation, Java, Indonesia: Volcaniclastic influences on carbonate platform development* (Ph.D. Project, Southeast Asia Research Group, Department of Earth Science, Royal Holloway University of London). (abstract)
- Longman, M. W (1981). A process approach to recognizing facies of reef complexes. *Society of Economic Paleontology and Mineralogy Special Publication*, 30, 9–40.
- Longman, M. W. (1980). Carbonate diagenetic textures from nearsurface diagenetic environments. *American Association of Petroleum Geology Bulletin*, 64, 461–487.
- Lukasik, J. L., James, N. P., McGowran, B., & Bone, Y. (2000). An epeiric ramp: Low-energy, cool-water carbonate facies in a Tertiary inland sea, Murray Basin, South Australia. *Sedimentology*, 47, 851–881
- MacKenzie, W. S., Donaldson, C. H., & Guilford, C. (1984). *Atlas of sedimentary rocks and their textures*. Longman Scientific and Technical, Essex.
- Machel, H. G., & Hunter, I. G. (1994). Facies models for Middle to Late Devonian shallow-marine carbonates, with comparison to modern reef: A guide for facies analysis. *Facies*, 30, 155–176.
- Macilreath, LA., & James, N. P. (1979). Facies models: carbonate slopes. *Geoscientists of Canada Reprint Series*, 5, 189–199.
- Margono, U. (2012). *Penyusunan stratigrafi di daerah Binuang dan sekitarnya, Kalimantan Selatan*. Laporan Teknis Internal, Pusat Survei Geologi Bandung (tidak terbit).
- Margono, U., Sutrisno, & E. Susanto, D. (1997). *Peta geologi lembar Kandangan, Kalimantan Selatan, skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Maryanto, S. (2016a). *Mikrofasies batugamping Formasi Baturaja di lintasan Air Malau, OKU Selatan, Sumatra Selatan*. (dalam proses penerbitan).

- Maryanto, S. (2016b). Sedimentologi batugamping Formasi Berai di Gunung Talikur dan sekitarnya, Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan, berdasarkan data petrografi. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 17, 85–98.
- Maryanto, S. (2015a). Sedimentologi dan diagenesis batugamping Formasi Wonosari di Ngrijang Sengon, Pacitan, Jawa Timur. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 16, 213–229.
- Maryanto, S. (2015b). Perkembangan sedimentologi batugamping berdasarkan data petrografi pada Formasi Sentolo di sepanjang lintasan Pengasih, Kulonprogo. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 16, 129–139.
- Maryanto, S., Permanadewi, S., & Samodra, H. (2014a). Mikrofasies dan diagenesis batugamping Formasi Wonosari di lintasan Goa Gong, Pacitan, Jawa Timur. *Majalah Geologi Indonesia*, 29, 143–159.
- Maryanto, S., Jamal & Kusumah, K. D. (2014b). Mikrofasies batugamping Formasi Baturaja di daerah Binuang, Kalimantan Selatan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 15, 195–204.
- Maryanto, S. (2014a). Mikrofasies dan diagenesis batugamping Formasi Baturaja di lintasan Air Kiti, OKU, Sumatra Selatan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 15, 89–103.
- Maryanto, S. (2014b). Limestone microfacies of Baturaja Formation along Air Rambangnia traverse, South OKU, South Sumatra. *Indonesian Journal on Geoscience*, 1, 21–34.
- Maryanto, S. (2013). Sedimentologi batugamping Formasi Jonggrangan di sepanjang lintasan Gua Kiskendo, Girimulyo, Kulonprogo. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, 23, 105–120.
- Maryanto, S. (2012a). Limestone diagenetic records based on Petrographic data of Sentolo Formation at Hargorejo traverse, Kokap, Kulonprogo. *Indonesian Journal of Geology*, 7, 87–99.
- Maryanto, S. (2012b). Sedimentologi batugamping Formasi Rajamandala di lintasan Sanghyang, Citatah, Bandung Barat. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, 22, 73–87.
- Maryanto, S., Sihombing, T., & Kawoco, P. (2011). Keberadaan dolomit dalam kaitannya dengan jenis batugamping Formasi Rajamandala di daerah sekitar Citatah, Bandung Barat. *Publikasi Khusus Kumpulan Makalah Sarana Teknik Pusat Survei Geologi*, 39, 1–20.
- Maryanto, S. (2009a). Mikrofasies batugamping Formasi Sentolo di lintasan Hargorejo, Kokap, Kulonprogo. *Proceeding of the 38th IAGI Annual Convention and Exhibition, Semarang*, 12th–14th October 2009, 286–300.
- Maryanto, S. (2009b). Pendolomitan batugamping Formasi Rajamandala di lintasan Gua Pawon, Bandung Barat. *Jurnal Geologi Indonesia*, 4, 203–213.
- Maryanto, S. (2008). Hubungan antarkomponen mikrofasies lereng terumbu dan cekungan lokal terumbu belakang batugamping bioklastika Formasi Baturaja di daerah sekitar Muaradua, Sumatra Selatan. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, 18, 107–120.
- Maryanto, S., Mulyono, & Sihombing, T. (2008a). *Laporan penambahan data sekunder dengan metode geostatistik mineralogi pada batugamping Formasi Rajamandala di daerah Citatah, Bandung Barat dan sekitarnya, untuk mendukung penelitian cekungan Bandung* (Laporan Teknis Internal). Bandung: Pusat Survei Geologi (tidak terbit).
- Maryanto, S., Subagio, S., Herwinsyah, Rustami, I., & Anjani, N. D. (2008b). *Kegiatan persiapan penyusunan atlas petrografi batugamping Indonesia: Pengambilan sampel batu-*

- gamping di daerah Kulonprogo dan sekitarnya, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta* (Laporan Teknis Internal). Bandung: Pusat Survei Geologi (tidak terbit).
- Maryanto, S. (2007a). *Keterkaitan hubungan antarvariabel mikrofasis batugamping bioklastika dari Formasi Baturaja di daerah sekitar Muaradua, Sumatra Selatan* [Tesis]. [Bandung] Universitas Padjadjaran (tidak terbit).
- Maryanto, S. (2007b). Petrografi dan proses diagenesis batugamping Formasi Baturaja di lintasan Air Saka, OKU Selatan, Sumatra Selatan. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, 17, 13-31.
- Maryanto, S. (2005). Sedimentologi batuan karbonat tersier Formasi Baturaja di lintasan Air Napalan, Baturaja, Sumatra Selatan. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, 15, 83-101.
- Mateu-Vicens, G., Hallock, P., & Brandano, M. (2007). A depositional model and paleoecological reconstruction of the lower Tortonian distally steepened ramp of Menorca (Balearic Island), Spain. *Palaios*, 23, 465-481.
- McCaffrey, R. (2009). The tectonic framework of the Sumatran subduction zone. Dalam *Annual Review of Earth and Planetary Science*, 37, 345-366.
- McKee, E. D., & Ward, C. W. (1983). Eolian environment. Dalam C. H. Moore, D. G. Bebout, & P. A. Scholle (Eds.). *Carbonate depositional environments*. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 33, 131-170.
- McKee, E. D., & Gutschick, R. C. (1969). History of Redwall limestone of northern Arizona. *Geological Society of American Memoir*, 114, 726.
- Melim, L. A., Swart, P. K., & Maliva, R. G. (2001). Meteoric and marine-burial diagenesis in the subsurface of Great Bahama bank. *SEPM Special Publication*, 70, 137-161.
- Menzies, J., & Callow, G. (2013). *Operational update: West Kerendan-1 (WK-1) exploration well*. Salamander Energy Plc., London (unpublished report).
- Metcalf, I. (2011). Tectonic framework and Phanerozoic evolution of Sundaland. *Elsevier International Association for Gondwana Research*, 19, 3-21.
- Metcalf, I. (1998). Palaeozoic and Mesozoic geological evolution of the SE Asia region: Multidisciplinary constraints and implications for biogeography. Dalam Hall, R. & Holloway, J. D. (Eds), *Biogeography and geological evolution of SE Asia* (25-41). Leiden: Blackbuys Publishers.
- Miall, A. D. (1990). *Principles of sedimentary basin analysis, 2nd edition*. Berlin: Springer-Verlag, 668.
- Milliman, J. D. (1974). *Marine carbonates. Part 1: Recent sedimentary carbonates*. New York: Springer-Verlag, 375.
- Monty, C. L. V. (1976). The origin and development of cryptalgal fabrics. Dalam Walter, M. R. (Ed.), *Stromatolite*. Elsevier Publ. Co., Amsterdam, 193-249.
- Moore, C. H. (2001). *Carbonate reservoir: Porosity evolution and diagenesis in a sequence stratigraphic framework*. Development in sedimentology 5. Amsterdam: Elsevier B.V., 444.
- Moore, C. H. (1997). *Carbonate diagenesis and porosity*. Developments in Sedimentology 46. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 338p.
- Mukti, M. M. (2005). Carbonate depositional environment and platform morphology of the Wonosari Formation in the area east of Pacitan. *Indonesian Journal of Geology and Mineralogy* 15. (abstract).

- Mullins, H. T., Neumann, A. C., Wilber, R. J., & Boardman, M. R. (1980). Nodular carbonate sediment on Bahamian slopes: Possible precursors to nodular limestones. *Journal of Sedimentary Petrology*, 50, 117–131.
- Mulyaningsih, S., Sampurno, Zaim, Y., Puradimaja, D. J., Bronto, S., & Siregar, D. A. (2006). Perkembangan geologi pada kuartar awal sampai masa sejarah di dataran Yogyakarta. *Jurnal Geologi Indonesia*, 1, 103–113.
- Munnecke, A., Westphal, H., Reijmer, J. J. G., & Samtleben, C. (1997). Microspar development during early marine burial diagenesis: A comparison of Pliocene carbonates from the Bahamas with Silurian limestone from Gotland (Sweden). *Sedimentology*, 44, 977–990.
- Murray, J. W. (1991). *Ecology and palaeocology of benthic foraminifera*. New York: Longman, 397.
- Musper, K. A. F. R. (1939). *Report on field work in June–July 1939*. Geological Survey of Indonesia (unpublished).
- Nickel, E. (1985). Carbonates in alluvial fan systems: An approach to physiography, sedimentology and diagenesis. *Sedimentary Geology*, 42, 83–104.
- Noble, J. P. A., & Howells, K. D. M. (1974). Early marine lithification of the nodular limestones in the Silurians of New Brunswick. *Sedimentology*, 21, 597–609.
- Norman, K. (2015). *Stylolitization of limestone: A study about the morphology of stylolites and its impacts of porosity and permeability in limestone*. Department of Earth Science, Institution en For Geovetenskaper 2015:14, Uppsala University, 14.
- Novak, V. (2012). *Microfacies analysis of East Kalimantan reef systems based on larger benthic foraminifera*. NBC Naturalis Progress Report (unpublished).
- Nugroho, H., & Bachri, S. (2015). Geologi Indonesia bagian barat dan bagian timur serta kaitannya dengan prospek carbon capture and storage (CCS). *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 16, 151–159.
- Omana, L. & Alencaster, G. (2009). Lower Aptian shallow-water benthic foraminiferal assemblage from the Chilacachapa range in the Guerrero-Morelos Platform, south Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26, 575–586.
- Padmono, J., Hartanto, E., Sukmatiawan, A., Prasetyo, A., Prasetya, A., Krisnandya, A., Hendriansyah, T., & Yudhandono, N. (2011). Tectonic fractures analysis of carbonate Baturaja Formation, Pondoh tengah field using coherence attributes. Dalam *Proceeding Indonesian Petroleum Association 32 Annual Convention and Exhibition*, May 2008. (abstract)
- Pellant, C. (1990). *Rocks, minerals and fossils of the world*. New York: Little Brown & Company.
- Pettijohn, F. J. (1975). *Sedimentary rocks*, 3rd ed. New York: Harper & Row, 628.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E., & Siever, R. (1972). *Sand and sandstone*. Berlin, Gottingen, Heidelberg: Springer-Verlag, 618.
- Pettijohn, F. J., & Potter, P. E. (1964). *Atlas and glossary of primary sedimentary structures*. Berlin, Gottingen, Heidelberg: Springer-Verlag, 370.
- Pireno, G. E., Cook, C., Yuliong, D., & Lestari, S. (2011). Berai carbonate debris flow as reservoir in the Ruby field, Sebuku block, Makassar Strait: a new exploration play in Indonesia. Dalam *Proceeding of Indonesian Petroleum Association 33 Annual Convention and Exhibition 2009*.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

- Platt, N. H., & Wright, V. P. (1992). Lacustrine carbonates: Facies models, facies distribution, and hydrocarbon aspects. Dalam K. Kelts, L. Carera, & P. Anadon (Eds.), *Lacustrine facies analysis*. International Association of Sedimentologists Special Publication 13, 55–74.
- Plumley, W. J., Risley, G. A., Graves, R. W., & Kaley M. E. (1962). Energy index for limestone interpretation and classification. Dalam W. E. Ham (Ed.), *Classification of carbonate rocks*. American Association of Petroleum Geology Memoir, 1, 85–107.
- Potter, P. E., & Pettijohn, F. J. (1963). *Paleocurrents and basin analysis*. Berlin, Gottingen, Heidelberg: Springer-Verlag, 269p.
- Praptisih & Kamtono (2014). Carbonate facies and sedimentation of the Klapanunggal Formation in Cibinong, West Java. *Indonesian Journal on Geoscience*, 1, 175–183.
- Praptisih, Siregar, M. S., Kamtono, Hendrizan, M., & Putra, P. S. (2012). Fasies dan lingkungan pengendapan batuan karbonat Formasi Parigi di daerah Palimanan, Cirebon. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 22(1), 33–43.
- Praptisih, Mukti, M. M., Trisuksmono, J., Siregar, M. S., & Supriatna, M. (2005). *Studi endapan karbonat Formasi Wonosari di daerah Pacitan-Panggung dan kaitannya dengan reservoir hidrokarbon di Jawa selatan*. Laporan teknis internal, Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Bandung (tidak terbit).
- Purwaningsih, M. E. M., Satyana, A. H., Budiyani, S., Noeradi, D., & Halik, N.M. (2002). Evolution of the late Oligocene Kujung reef complex in the Western East Cepu High, East Java Basin: Seismic sequence stratigraphic study. Dalam *Proceedings Indonesian Association of Geologists (IAGI)*, 31st Annual Convention, 655–671.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, & Rosidi, H. M. D. (1995). *Peta geologi lembar Yogyakarta, Jawa, skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Railsback, L. B. (2002). *An atlas of pressure dissolution features*. Diakses pada 20 Oktober 2006 dari <http://www.gly.uga.edu/railsback/PDFindex1.html>.
- Ramadan, K.A.Al., Hussain, M., Imam, B., & Saner, S. (2004). Lithologic characteristics and diagenesis of the Devonian Jauf sandstone at Ghawar Field, Eastern Saudi Arabia. *Marine and Petroleum Geology*, 21, 1221–1234.
- Read, J. F. (1985). Carbonate platform facies models. *American Association of Petroleum Geology Bulletin*, 69, 1–21.
- Read, J. F. (1982). Carbonate platforms of passive (extensional) continental margin: types, characteristics and evolution. *Tectonophysics*, 81, 195–212.
- Reeves, C. C. (1976). *Caliche: origin, classification, morphology and uses*. Lubbock, Texas: Estacado Books, 233.
- Reineck, H. E., & Singh, I. B. (1973). *Depositional sedimentary environments*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 439.
- Rhoads, D. C. & Stanley, D. J. (1965). Biogenic graded bedding. *Journal of Sedimentary Petrology*, 35, 956–963.
- Ricci Lucci, F. (1970). *Sedimentografia: Atlante fotografico delle strutture primarie dei sedimenti*. Bologna: Zanichelli Publ. Co., 288.
- Riding, R. (2002). Structure and composition of organic reefs and carbonate mud mounds: Concepts and categories. *Earth Science Reviews*, 58, 163–231.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

- Riswandy, M., Herlambang, A., Perdana, L., & Sapiie, B. (2012). Sequence stratigraphy-facies analysis and stylolite-fracture characterization related to porosity-permeability in carbonate facies of Rajamandala Formation of Cikamuning area, West Java-Indonesia. Diakses 07 Februari 2017 dari <http://www.searchanddiscovery.com/pdfz/abstracts/html/2012/90155ice/abstracts/riswandy.pdf.html>
- Sayles, R. W. (1931). Bermuda during the Ice Age. *American Academy of Arts and Sciences*, 66, 381–468.
- Samodra, H., Gafoer, S., & Tjokrosapoetro, S. (1992). *Peta geologi lembar Pacitan, Jawa, skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sander, B. (1951). *Einführung in die Gefügekunde als Geologischer Körper*, 2. Teill. Die Korngenfugemerkmale. Innsbruck: Springer, 409.
- Satyana, A. H. (2010). *Petroleum geology of Indonesia: Current knowledge*. Regular HAGI course, Yogyakarta, 2–6 August 2010.
- Satyana, A. H. (2005). Oligo-Miocene carbonates of Java, Indonesia: tectonic-volcanic setting and petroleum implications. Dalam *Proceedings Indonesian Petroleum Association (IPA), 30th Annual Convention and Exhibition*, 217–249.
- Satyana, A. H., & Armandita, C. (2004). Deepwater plays of Java Indonesia, regional evaluation on opportunities and risks. Dalam *Indonesian Petroleum Association, Proceeding Deepwater and Frontier Exploration in Asia and Australasia Symposium*.
- Satyana, A. H., & Jumlati, M. (2003). Oligo-Miocene carbonates of the East Java Basin, Indonesia: Facies definition leading to Recent significant discoveries. Dalam *AAPG International Conference Barcelona, Spain*, September 21–24, 2003.
- Satyana, A. H., & Purwaningsih, M. E. M. (2002). Geochemistry and habitats of oil and gas in the East Java Basin: Regional evaluation and new observations. Dalam *Proceedings Indonesian Association of Geologists (IAGI), 31st Annual Convention*, 68–102.
- Satyana, A. H., Nugroho, D., & Surantoko, I. (1999). Tectonic controls on the hydrocarbon habitats of the Barito, Kutai and Tarakan basins, Eastern Kalimantan, Indonesia: Major dissimilarities. *Journal of Asian Earth Sciences Special Issue*, 17(1–2), 99–120.
- Schlager, W., & Reijmer, J. J. G. (2009). Preservation of cephalopod skeletons and carbonate dissolution on ancient Tethyan sea floor. *International Association of Sedimentologists Special Publication*, 1, 49–70.
- Schlager, W. (2002). *Sedimentology and sequence stratigraphy of carbonate rocks*. Amsterdam: Vrije Universiteit/Earth and Life Sciences, 146.
- Schlager, W. (1993). Accommodation and supply: A dual control on stratigraphic sequences. *Sedimentary Geology*, 86, 111–136.
- Schlager, W. (1992). *Sedimentology and sequence stratigraphy of reefs and carbonate platforms*. Continuing Education Course Notes, 3, 71.
- Schlager, W. (1981). The paradox of drowned reefs and carbonate platforms. *Geological Society of American Bulletin*, 92, 197–211.
- Schlager, W. & Camber, O. (1986). Submarine slope angles, drowning unconformities, and self-erosion of limestone escarpments. *Geology*, 14, 762–765.
- Schlager, W. (1974). Carbonate platform slopes of the Alpine Triassic and the Neogene: A comparison. *Australian Journal of Earth Science*, 102, 4–14.

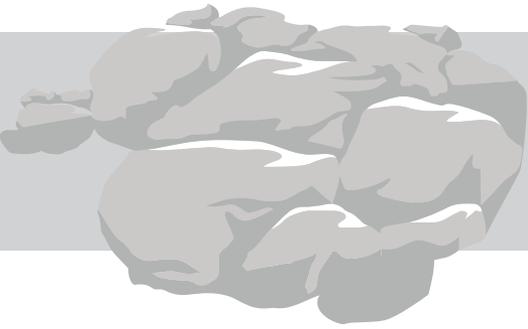
Buku ini tidak diperjualbelikan.

- Schmid, F. (2011). Flint stratigraphy and its relationship to archaeology. Dalam G.De.G. Sieveking & M. B. Hart (Eds.). *The Scientific Study of Flint and Chert (Paperback Edition)*. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid: Cambridge University Press, 1–6.
- Scholle, P. A., Goldstein, R. H., & Ulmer-Scholle, D. S. (2007). *Classic upper Paleozoic reefs and bioherms of West Texas and New Mexico: A field guide to the Guadalupe and Sacramento Mountains of West Texas and New Mexico*. New Mexico Institute of Mining and Technology, Socorro, New Mexico, 174.
- Scholle, P. A., & Ulmer-Scholle, D. S. (2003). *A color guide to the petrography of carbonate rocks: grain, texture, porosity, diagenesis*. American Association of Petroleum Geology Memoir 77, Tulsa, 459.
- Scholle, P. A., Bebout, D. G., & Moore, C. H., (Eds.) (1983). *Carbonate depositional environments*. American Association of Petroleum Geology Memoir 33, 708.
- Scholle, P. A. (1978). *A color illustrated guide to carbonate rock constituents, textures, cements, and porosities*. Tulsa: American Association of Petroleum Geology Memoir 27, 241.
- Scrutton, M. E. (1976). Modern reefs in the west Java sea. *Indonesian Petroleum Association Special Publication*, 14–36.
- Sellwood, B. W. (1986). Shallow-marine carbonate environments. Dalam Reading, H. G. (Ed.). *Sedimentary environments and facies* (283–356). Oxford: Blackwell Scientific Publication.
- Sellwood, B. W., Scott, W. J., James, B., Evans, R., & Marshall, D. J. (1987). Regional significance of ‘dedolomitization’ in Great Oolite reservoir facies of southern England, Dalam J. Brooks & K. W. Glennie (Eds.). *Petroleum Geology of North West Europe* (129–137). London: Graham and Trotman.
- Setiawan, N. I., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., & Asy’ari, A. (2015). Metamorphic evolution of garnet-bearing epidote-barroisite schist from the Meratus complex in South Kalimantan, Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience*, 2, 139–156.
- Setyaningsih, C. A., Lelono, E. B., & Firdaus, I. (2015). Palynological study of the Jambi sub-basin, South Sumatra. *Scientific Contributions Oil and Gas*, 38, 1–12.
- Shahabpour, J. (2009). Analogous tectonic evolution of the Tethyan and SE Asian regions. *Iranian Journal of Science & Technology, Transaction A*, 33(A1), 57–64.
- Shearman, D. J., & Smith, A. J. (1985). Ikaite: The parent mineral of jarrowite-type pseudomorphs. *Geological Association of London*, 96, 305–314.
- Sibley, D. F., & Gregg, J. M. (1987). Classification of dolomite rock textures. *Journal of Sedimentary Petrology*, 57, 967–975.
- Siegel, S. (1997). *Statistik nonparametrik untuk ilmu-ilmu sosial*. Jakarta: PT Gramedia.
- Sikumbang, N. & Heryanto, R. (2009). *Peta geologi lembar Banjarmasin Skala 1:250.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sikumbang, N. (1986). *Geology and tectonic of pre-Tertiary rocks in the Meratus Mountains, Southeast Kalimantan, Indonesia*. Ph.D. thesis, Royal Holloway and Bedford New College, University of London, Great Britain.
- Siregar, M. S. (2005). Sedimentasi dan model terumbu Formasi Rajamandala di daerah Padalarang, Jawa Barat. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 15.
- Siregar, S., Kamtono, Praptisih, & Mukti, M. M. (2004). Reef facies of the Wonosari Formation, south of Central Java. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 14, 1–17.

- Smith, G. L., & Simo, J. A. (1997). Carbonate diagenesis and dolomitization of the Lower Ordovician Prairie Du Chien group. *Geoscience Wincosin*, 16, 1–16.
- Spence, G. H., & Tucker, M. (1999). Modeling carbonate microfacies in the context of high-frequency dynamic relative sea-level and environmental changes. *Journal of Sedimentary Research*, 69, 947–961.
- Stauffer, K. (1962). Quantitative petrography study of Paleozoic carbonate rocks Caballo Mountains, New Mexico. *Journal of Sedimentary Petrology*, 32(3), 357–396.
- Stevens, C. H., Klingman, D., & Belasky, P. (1995). Development of the Mississippian carbonate platform in southern Nevada and eastern California on the eastern margin of the Antler foreland basin. Dalam Dorobek, S. L. & Ross, G. M. (Eds.) *Stratigraphic evolution of foreland basins*. SEPM Special Publication, 52, 175–186.
- Sudjatmiko (2003). *Peta geologi lembar Cianjur, Jawa, skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Suess, E., Balzer, W., Hesse, K. F., Miiller, P. J., Ungerer, C. A., & Wefer, G. (1982). Calcium carbonate hexahydrate from organic rich sediments of the Antarctic shelf: Precursors of glendolites. *Science*, 216, 1128–1131.
- Sukandi, U., Maryanto, S., Amar, Heriyanto, & Krisnawan, D. (2006). *Pengambilan sampel batuan untuk pembuatan material acuan standar petrologi* (Laporan Teknis Internal). Bandung: Pusat Survei Geologi (tidak terbit).
- Sunarjanto, D., & Widjaja, S. (2013). Potential development of hydrocarbon in basement reservoir in Indonesia. *Indonesian Journal of Geology*, 8, 151–161.
- Sunjaya, Saputra, E., Sudarmawan, D., & Satyana, A. (2006). Sedimentology of Wonosari carbonate southern Yogyakarta: Outcrop study and petroleum implications. Dalam *American Association of Petroleum Geologist, International Conference and Exhibitions*, Perth, West Australia, November 5–8, 2006.
- Surono, Toha, B., Sudarno, I., & Wirjosujono, S. (1992). *Peta geologi lembar Surakarta-Giritontro, Jawa, skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Susilowati, T., & Suyoto (2009). Model fasies karbonat Formasi Baturaja, lapangan Danendra, cekungan Sumatra Selatan. *Jurnal Ilmiah Majalah Teknik Geologi*, 2, 1–12.
- Tabri, K. N. (2006). Studi fasies batugamping dan pola kekar dalam peningkatan efisiensi produksi tambang batu ornamen/marmer komersial di daerah Gunung Guha, Desa Cihea, Kec. Bojongpicung, Kab. Cianjur. *Jurnal Geoaplika*, 1, 31–45.
- Taylor, J. M. (1950). Pore space reduction in sandstones. *American Association of Petroleum Geology Bulletin*, 34, 701–716.
- Tebbutt, G. E., Conley, C. D., & Boyd, D. W. (1965). Lithogenesis of a carbonate rocks fabric. *Contribution Geology*, 4(1), 1–13.
- Terry, A. (2015). *South Barito PSC. Internal report Murphy South Barito Ltd.* (internal report, unpublished).
- Tietz, G. F. (1988). Zur Genese rezenter Karbonatbildungen in Dolomithihlen Frankens. *Karst und Hohle*, 1988, 7–79
- Topkaya, M. (1950). Recherches sur les silicates authigenes dans les roches sedimentaires. *Bulletin Laboratory of Geology, Mineralogy, Geophysics, and Museum Geology Lausanne*, 97, 1–132.

- Tucker, M. E. (2001). *Sedimentary petrology: An introduction to the origin of sedimentary rocks*. Oxford: Blackwell Science Ltd., 262.
- Tucker, M. E., Wilson, J. L., Crevello, P. D., Sarg, J. R., & Read, J. F. (1990). *Carbonate platforms: Facies, sequences and evolution*. International Association of Sedimentologists Special Publication, 9, 328.
- Tucker, M. E. (ed.) (1988). *Techniques in sedimentology*. Oxford, London, Edinburgh, Cambridge: Blackwell Sci. Publ., 394.
- Tucker, M. E., & Wright, V. P. (1990). *Carbonate sedimentology*. Oxford, London, Edinburgh, Cambridge: Blackwell Sci. Publ., 482.
- Tucker, M. E. (1985). Shallow-marine carbonate facies and facies models. Dalam B. P. J. Williams & P. Brenchley (Eds.). *Sedimentology: Recent Developments and Applied Aspects* (147–169). Oxford: Blackwell Sci. Publ.
- Ulmer-Scholle & Mosley. (2000). *Sedimentary petrography*. *Geology* 424/524. Diakses pada 20 Februari 2006 dari <http://www.ees.nmt.edu/Geol/classes/geol524/homepage.html>.
- Vaziri, S. H., Fursich, F. T., & Ghandimvand, N. K. (2012). Facies analysis and depositional environments of the Upper Cretaceous Sadr unit in the Nakhlak area, Central Iran. *Revista Mexicana de Ciencias Geologicas*, 29(2), 384–297.
- Venec-Peyre, M. T. (1991). Distribution of living benthic foraminifera on the back-reef and outer slopes of high island (Moorea, French Polynesia). *Coral Reefs*, 9, 193–203.
- Verrecchia, E. P., Freyter, P., Julien, J., & Baltzer, F. (1997). The unusual hydrodynamical behaviour of freshwater oncolites. *Sedimentary Geology*, 113, 225–243.
- Vilasi, N., Swennen, R., & Roure, F. (2006). Diagenesis and fracturing of Paleocene-Eocene carbonate turbidite system in the Ionian basin: The example of the Kelcyra area (Albania). *Journan of Geochemical Exploration*, 89, 409–413.
- Waite, L. E. (2002). Carbonate Depositional Systems. Pada *Earth System Science*. Diakses pada 6 Maret 2006 dari http://www.geocomplexity.com/Earth_systems.html.
- Walker, R. G. (1992). Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. Dalam N. P. James & R. G. Walker (Eds.). *Facies models: Response to sea level change*. Geological Association of Canada, 1–14.
- Wanless, H. R. (1981). Fining-upwards sedimentary sequences generated in seagrass beds. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51, 445–454.
- Wendt, J., Aigner, T., & Neugerbauer, J. (1984). Cephalopod limestone deposition on a shallow pelagic ridge: the Tafilalt platform (upper Devonian, eastern Anti-Atlas, Morocco). *Sedimentology*, 31, 601–625.
- Wentworth, C. K. (1922). A scale and grade of class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30, 377–392.
- Wibisana, H. (2015). *Manfaat batu kapur (batu gamping)*. Diakses pada 10 September 2016 dari <https://batukapur-limestone.wordpress.com/2015/08/28/manfaat-batu-kapur-batu-gamping/>.
- Wibowo, U. P. & Kapid, R. (2014). Biostratigrafi nannoplankton daerah Rajamandala. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 15(4), 185–194.
- Wilson, M. E. J., & Hall, R. (2010). Tectonic influence on SE Asian carbonate system and their reservoir development. *SEPM Special Publication*, 95, 13–40.

- Wilson, M. J. E., Chambers, J. L. C., Evans, J. M., Moss, S.J., & Nas, D. S. (1999). Cenozoic carbonates in Borneo: Case studies from northeast Kalimantan: *Journal of Asian Earth Sciences Special Issue*, 17, 183–201.
- Wilson, M. E. J., & Rosen, B. R. (1998). Implications of paucity of corals in the Paleogene of SE Asia: Plate tectonics or centre of origin? Dalam J. D. Holloway & R. Hall (Eds), *Biogeography and geological evolution of SE Asia*, 165–195.
- Wilson, J. L. (1975). *Carbonate facies in geologic history*. New York, Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag, 471.
- Winardi, S., Asy'ari, M. R., & Diamantha, A. O. (2013). Identifikasi subaerial exposure pada batuan karbonat untuk penentuan zona reservoir dengan studi kasus Formasi Wonosari, Gunungkidul, Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada*, 6, 535–554.
- Witts, D. (2013). Palaeocurrents and provenance: Uplift history of the Meratus complex, SE Kalimantan. *Berita Sedimentologi*, 28, 25–30.
- Wiyanto, B., Sulistyono, Junaedi, T., & Hadipandoyo, S. (2009). The re-analysis of the mature western area of Indonesia basin for finding additional oil and gas resources. *Lemigas Scientific Contribution of Petroleum Scientific and Technology*, 32, 45–55.
- Wright, V. P., & Harris, P. M. (2013). Carbonate dissolution and porosity development in the burial (mesogenetic) environment. Dalam *American Association of Petroleum Geology Annual Convention and Exhibition* (abstract).
- Wright, V. P., & Burchette, T. P. (1996). Shallow-water carbonate environment. Dalam Reading, H. G. (Ed.). *Sedimentary environments: Processes, facies, stratigraphy* (325–394). Oxford: Blackwell Sci. Publ.
- Wright, V. P. (1992). A revised classification of limestones. *Sedimentary Geology*, 76, 177–185.
- Wright, V. P. (1990). Lacustrine carbonates. Dalam M. Tucker & V. P. Wright (Eds.), *Carbonate sedimentology* (164–189). Oxford: Blackwell Sci. Publ.
- Wright, V.P. (1984). Peritidal carbonate facies models: A review. *Geological Journal*, 19, 309–325.
- Yoo, C. M., Gregg, J. M., & Shelton, K. L. (2000). Dolomitization and dolomite neomorphism: Trenton and black river limestones (Middle Ordovician) Northern Indiana, USA. *Journal of Sedimentary Research*, 70, 265–274.
- Yuliandri, I., Usman, T., & Panguriseng, M. (2012). Seismic based characterization of Baturaja carbonate at 3D Topaz area. Dalam *AAPG International Convention and Exhibition*, Milan, October 2011.
- Yulianto, A. (2015). *Kars Rajamandala mengandung kalsium karbonat tinggi*. Diakses 7 Februari 2017 dari <http://www.republika.co.id/berita/nasional/daerah/15/04/10/nmkv-cl-kars-rajamandala-mengandung-kalsium-karbonat-tinggi>.
- Yurnaldi, D., Wiji, Jumbawan, J., & Supriyandi, D. (2008). *Kegiatan uji coba peralatan fisika batuan untuk studi batuan sedimen di daerah Kulonprogo dan sekitarnya, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. Bandung: Pusat Survei Geologi (tidak terbit).
- Zulkarnain, I., Sopaheluwakan, J., Miyazaki, K., & Wakiti, K. (1996). Chemistry and radiometric age data of the metamorphic rocks from Meratus accretionary complex, South Kalimantan and its tectonic implication. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Geoteknologi III, Puslitbang Geoteknologi-LIPI*, 687–700.



KAMUS ISTILAH

INDONESIA - INGGRIS

A

Abisal: *abbyssal*
Abisopelagis: *abyssopelagic*
Abrasi: *abrasion*
Acak: *random*
Acionirian: *achyionirians*
Agitasi: *agitation*
Agregat butiran: *grain aggregates*
Akrasi: *accretionary*
Alas-keras: *hardgrounds*
Aliran butiran: *grain flow*
Aliran gayaberasat: *gravity flow*
Alokem: *allochem*
Alokton: *allochthonous*
Alostratigrafi: *allostratigraphy*
Alur: *groove*
Amonit: *ammonite*
Anhidrit: *anhydrite*
Aragonit: *aragonite*
Arkeokrat: *archaeochyate*
Arthropoda: *arthropods*
Arus: *current*
Atokton: *autochthonous*
Atol: *atoll*
Atol laut: *oceanic atoll*
Authigenik: *authigenic*

B

Badai: *storm*
Bafflestone: *bafflestone*

Bangunan: *buildup*
Bantaran: *banks*
Barnakel: *barnacle*
Batial: *bathyal*
Batipelagis: *bathypelagic*
Batuanggur: *grapestone*
Batualir: *flowstone*
Batugamping: *limestone*
Batulempung: *claystone*
Batulumpur: *mudstone*
Batumampat: *fittedstone*
Batumikrospat: *microsparstone*
Batupadat: *condensed-stone*
Batupantai: *beachrock*
Batupasir: *sandstone*
Batusemen: *cementstone*
Batuspar: *sparstone*
Batutetes: *dripstone*
Belahan: *cleavage*
Belah ketupat: *rhombs*
Belemnit: *belemnite*
Belukar: *shrub*
Bentik: *benthic*
Bentuk: *shape; geometry*
Benua: *continental*
Berbilah: *blades*
Berbuku-buku: *binding*
Bergerigi: *serrate; sutured*
Berkeping: *splintery*
Berkerak: *encrusting*

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Berserabut: *fibers*
Beting: *shoal; offshore*
Bidang depan: *foreset*
Bindstone: *bindstone*
Bintal: *concretion; nodular*
Bioerosi: *bioerosion*
Biofasies: *biofacies*
Bioherm: *bioherm*
Biokimia: *biochemical*
Bioklas: *bioclasts*
Biostrom: *biostrome*
Biota: *biota, faunal*
Bioturbasi: *bioturbation*
Bivalvia: *bivalve*
Boundstone: *boundstone*
Brachiopoda: *brachyopods*
Breksi: *breccia*
Bryozoa: *bryozoans*
Busut: *knoll*
Butiran karbonat: *carbonate grains*
Butiran kerangka: *skeletal grains*
Butiran terlapisi: *coated grains*
Butiran terigen: *terrigenous grains*
Butiran termikritkan: *micritized grains*

C

Cara: *regime*
Cekungan: *basin*
Celah: *fissure*
Cembung: *cuspat; concave*
Cephalopoda: *cephalopods*
Cetakan: *mouldic*
Chiton: *chytans*
Cincin: *ring*
Cocolit: *cocolith*
Coelenterata: *coelenterats*
Contoh-setangan: *hand-specimen*

D

Dangkal: *shallow*
Dangkalan: *shelf*
Dalam: *deep*
Darat: *land; terrestrial*
Daratan: *land*
Dasar-keras: *hardgrounds*
Dasar-gelombang: *wave-base*

Dekapoda: *decapods*
Dekomposisi: *decomposition*
Diagenesis: *diagenetic*
Dinding: *wall*
Diversifikasi: *diversification*
Dolina: *doline*
Dolomit: *dolomite*
Dominasi: *domination*

E

Echinoid: *echinoids*
Echinodermata: *echinoderms*
Eksokars: *exokars*
Ekstraklas: *extraclasts*
Endokars: *endokars*
Eolian: *angin*
Eolianit: *eolianite*
Epifauna: *epifauna*
Epeirik: *epeiric*
Epipelagis: *epipelagic*
Eosen: *eocene*

F

Feldspar: *feldspar*
Feldspar kalium: *K-feldspar*
Fenestral: *fenestrae*
Floatstone: *floatstone*
Foraminifera bentonik: *benthic forams*
Foraminifera planktonik: *planktonic forams*
Forsterit: *forsterite*
Fosfat: *phosphate*
Fosilan: *fossiliferous*
Fotik: *photic*
Framestone: *framestone*
Framework: *kerangka*
Freatik: *phreatic*

G

Galian: *burrowing*
Ganggang: *algae*
Ganggang hijau: *green algae*
Ganggang merah: *red algae*
Galur: *spur*
Garis pantai: *shore line*
Garpu: *prong*

Gastropoda: *gastropods*
Gelas: *glass*
Gelembur-gelombang: *ripple marks*
Gypsum: *gypsum*
Glacial; es: *glacial*
Glendonit: *glendonite*
Gelembung: *bubble*
Gelombang: *wave*
Geopetal: *geopetal*
Gerowong: *vug; vuggy*
Gisik: *shoal; beach; foreshore*
Glaukonit: *glauconite*
Grainstone: *grainstone*
Gua: *cavern; cave*
Gumpalan: *lump; clump*
Gumpalan selimut: *botryoidal lump*
Gundukan: *mound*

H

Hadal: *hadal*
Hadalpelagis: *hadalpelagic*
Heksahidrat: *hexahydrate*
Holosen: *holocene*

I

Iknofosil: *ichnofossil*
Infauna: *infauna*
Interpretasi: *interpretation*
Interkristal: *intercrystal*
Interpartikel: *interparticle*
Intrapartikel: *intraparticle*
Intraklas: *intraclasts*
Inversi: *inversion*

J

Jarang: *sparse*
Jasad-renik: *micro-organism*
Jatuhan batuan: *rock fall*

K

Kacau: *chaotic*
Kalkarenit: *calcarenite*
Kalkret: *calcrete*
Kalice: *caliche*
Kalpionelid: *calpionellids*
Kalsifer: *calcisphere*

Kalsit: *calcite*
Kambrium: *cambrium*
Kapur: *chalk*
Karbon: *carbon*
Karbonatan: *carcareous*
Karren: *karren*
Kasatmata: *visible*
Kebundaran: *roundness*
Kecondongan: *skewness*
Kelompok: *group; cluster*
Kelulusan: *permeability*
Kemas: *fabric*
Kepingan batuan: *rock fragments*
Keporian: *porosity*
Keragaman: *diversity*
Kerak: *crust*
Kerangka: *skeleton; skeletal*
Keras: *rigid*
Kerucut: *tepee*
Kilau-katode: *cathodoluminescence*
Kimia: *chemical*
Klastika: *clasts*
Klastika lumpur: *mud clasts*
Krinoid: *crinoids*
Kriptalg: *cryptalg*
Kristal: *crystal*
Kristalin: *crystalline*
Kristal-jamak: *polycrystalline*
Kristal-tunggal: *monocrystalline*
Kokuina: *coquina*
Kolam: *pool*
Kolofan: *collophane*
Kolonisasi: *colonization*
Koral: *coral*
Korosi: *corrosion*
Kortoid: *cortoids*
Kuarsa: *quartz*
Kubah: *domal*
Kubangan: *ponds*

L

Laguna: *lagoon*
Laminit: *laminites*
Landaian: *ramp*
Landaian bertahap jauh: *distally steepened ramp*

Landaian dalam: *inner ramp*
Landaian homoklin: *homoclinal ramp*
Landaian luar: *outer ramp*
Landaian tengah: *mid ramp*
Langsung: *by-pass*
Lapisan: *bedding*
Lapisan bersusun: *graded bedding*
Lapisan-merah: *red-beds*
Lempeng: *plate*
Lepas pantai: *offshore*
Lereng, lerengan: *slope*
Lereng atas: *upper slope*
Lereng bawah: *lower slope*
Lereng depan: *foreslope*
Licin: *worn*
Limonit: *limonite*
Lingkungan: *environment*
Lithoklas: *lithoclasts*
Litofasies: *lithofacies*
Litoral: *littoral*
Lonjong: *oval; elongate*
Lumpur: *mud; ooze*
Lumpur karbonat: *carbonate mud*
Lumpur gampingan: *carbonate ooze*
Lumpur silika: *siliceous ooze*
Luncuran: *sliding*

M

Magnesit: *magnetite*
Makrofit: *macrophytes*
Mata burung: *birdseye*
Matriks: *matrix*
Melensa: *laminoid*
Melingkar: *concentric, spherical*
Membundar: *globular*
Menggantung: *pendant; stalaktitic*
Menyatu: *attached*
Menyebar: *radial*
Mesopelagis: *mesopelagic*
Meteorik: *meteoric*
Mika: *micaceous*
Mikrit: *micrite*
Mikroskop: *microscope*
Mikroskop elektron: *electron microscope*
Mikrosporit: *microsparite*
Mikrostruktur: *microstructure*

Mineral: *mineral*
Mineral bijih: *ore minerals*
Mineral karbonat: *carbonate minerals*
Mineral mafik: *mafic minerals*
Mineral lempung: *clay minerals*
Miosen: *miocene*
Modal-jamak: *polymodal*
Modal-tunggal: *unimodal*
Moluska: *molluscs*
Muasal: *source; origin*
Mudstone: *mudstone*
Muskovit: *muscovite*

N

Napal: *marl*
Naungan: *shelter*
Nendatan: *slumping*
Nekton: *necton*
Neogen: *neogene*
Neritik: *neritic*

O

Oligosen: *oligocene*
Oncoid: *onchoids*
Onggokan: *bar*
Ooid: *ooids*
Organisme: *organism*
Orthosparit: *orthosparite*
Ostrakoda: *ostracods*

P

Packstone: *packstone*
Paleogen: *paleogene*
Paleosen: *paleocene*
Paleosol: *paleosol*
Palustrin: *palustrine*
Panjang-pantai: *longshore*
Pantai: *shore*
Pantai-datar: *strandplain*
Paparan: *platform*
Paparan benua dalam: *pericontinental platform*
Paparan dalam: *periplatform*
Paparan jatuh: *drowned platform*
Paparan landai: *epeiric platform*
Paparan menyatu: *attached platform*

Paparan penguapan: *evaporite platform*
Paparan terbatas: *restricted platform*
Paparan terlepas: *detached platform*
Paparan terpisah: *isolated platform*
Paparan tertampi: *winnowed platform*
Partikel: *particle*
Pasang-surut: *tide; tidal*
Pasang-surut atas: *supratidal*
Pasang-surut tengah: *intertidal*
Pasang-surut bawah: *subtidal*
Pejal: *massive*
Pelagis: *pelagic*
Pelarutan: *dissolution*
Pelet: *pellets*
Peloid: *peloids*
Pemampatan: *compaction*
Pembatuan: *lithification*
Pemboran: *boring*
Pemecahan: *desintegration*
Pemikritan: *micritization*
Pemilahan: *sorting*
Pemutusan dangkalan: *shelf break*
Penampian: *winnowing*
Pendolomitan: *dolomitization*
Pengangkutan: *transportation*
Pengarahan: *orientation*
Pengendapan: *depositional*
Pengepakan: *packing*
Pengerakan: *crusting*
Penggantian: *replacement*
Penggolongan: *classification*
Penghalang: *barrier*
Penghancuran: *disintegration*
Pengikat: *binding*
Pengonggokan: *accumulation*
Penguapan: *precipitation; evaporite*
Penjebak: *baffeling*
Peralihan: *transition*
Perarian: *lamination*
Perarian bergelombang: *wave lamination*
Perarian melingkar: *concentric lamination*
Perarian meliuk: *convolute lamination*
Perarian sejajar: *parallel lamination*
Perarian silang-siur: *cross lamination*
Peretakan: *fracturing*
Pesisir: *coastal*

Pinggiran-muka: *apron*
Pirit: *pyrite*
Pisoid: *pisoids*
Pisolit: *pisolite*
Plagioklas: *plagioclase*
Plankton: *plankton*
Pliosen: *pliocene*
Plistosen: *plistocene*
Porostromat: *porostromate*
Profundal: *prophundale*
Pseudomorf: *pseudomorph*
Pseudosparit: *pseudosparite*
Pteropoda: *pteropods*

R

Rancu: *confused*
Rekah-kerut: *mud crack*
Rekristalisasi: *recrystallozation*
Retakan: *fracture*
Rigid: *keras*
Ritminit: *rhytminite*
Rodolit: *rhodolite*
Ruang antara: *gap*
Rudit: *rudite*
Rudstone: *rudstone*
Rugos: *rugose*
Runtunan: *succession*

S

Saluran: *channel*
Saluran pasang-surut: *tidal channel*
Sampel: *sample*
Sampel acak: *random sample*
Sampel sistematis: *systematic sample*
Sampel strata: *stratified sample*
Saringan: *mesh*
Sayap terumbu: *reef flank*
Sayatan pipih: *thin section*
Sayatan poles: *polish section*
Scleractinian: *schleractinians*
Sekunder: *secondary*
Selimit mikrit: *micrite envelope*
Selokan: *passes*
Selular: *cellular*
Semen berkerak: *crust cement*
Semen blok: *blocky cement*

Semen blok sejenis: *blocky equant cement*
Semen cekung: *meniscus cement*
Semen drus: *drussy cement*
Semen karbonat: *carbonate cement*
Semen jarum-berlembar: *needle-fibrous cement*
Semen menggantung: *pendant cement*
Semen tunggal tumbuh: *syntaxial single cement*
Serpulid: *serpulids*
Sesil: *sessile*
Sianobakteri: *cyanobacteria*
Sianoid: *cyanoids*
Sinter: *sinter*
Sisa organik: *organic remains*
Sistematis: *systematic*
Spastolit: *spastolite*
Speleotem: *speleothems*
Sponge: *sponges*
Spongiostrom: *spongiostrome*
Stabilisasi: *stabilization*
Stalakmit: *stalacmite*
Stalaktit: *stalactite*
Statistik: *statistica*
Strata: *stratified*
Stromataktik: *stromatactic*
Stromataktoid: *stromatactoid*
Stromatolit: *stromatolite*
Stromatoporida: *stromatoporids*

T

Tabulat: *tabulate*
Taklarut: *insoluble*
Takmenerus: *discontinuity*
Tak selaras: *unconformity*
Takterbatas: *non-rimmed*
Tatakan: *mat*
Tekuk-lereng: *toeslope; slope break*
Teluk: *bays*
Tentakulit: *tentaculitids*
Tepi, tepian: *margin*
Terak: *clinker*
Terapan: *applied*
Terbatas, terlingkar: *rimmed*
Terdukung: *supported*

Terlapisi: *coated*
Terseleksi: *selected*
Tersembul: *resorbed*
Tersumbat: *plug*
Tertampi: *winnowed*
Terigen: *asal darat*
Terlepas: *detached*
Teronggok: *packed*
Terumbu: *reef*
Terumbu belakang: *back-reef*
Terumbu cembung: *cusplate reef*
Terumbu cincin: *ring reef*
Terumbu depan: *fore-reef*
Terumbu dinding: *wall reef*
Terumbu melingkar: *spherical reef*
Terumbu organik: *organic reef*
Terumbu paparan: *platform reef*
Terumbu penghalang: *barrier reef*
Terumbu tersembul: *resorbed reef*
Tiang: *columnar*
Tidak-sejajar: *non-planar*
Tinggian laut: *oceanic rise*
Tongkat: *club-shape*
Tonjolan: *plateau*
Tourmalin: *tourmaline*
Totol-totol: *mottled*
Travertin: *travertine*
Trilobit: *trilobite*
Tufa: *tufa*
Tumpukan: *banks; tufts*
Turbidit: *turbidite*

U

Uji: *test*
Uji penodaan kimia: *staining test*
Ukuran: *size*

V

Vados: *vadose*

W

Wackestone: *wackestone*

Z

Zirkon: *zircon*

INGGRIS - INDONESIA

A

Abbyssal: abisal
Abysso pelagic: abisopelagis
Abrasion: abrasi
Accretionary: akrasi
Accumulation: pengonggokan
Achyionirians: acionirian
Agitation: agitasi
Algae: ganggang
Allochem: alokem
Allochthonous: alokton
Allostratigraphy: alostratigrafi
Ammonite: amonit
Anhydrite: anhidrit
Applied: terapan
Apron: pinggir muka
Aragonite: aragonit
Archaeochyate: arkeokiati
Arthropods: artropoda
Atoll: atol
Attached: menyatu
Attached platform: paparan menyatu
Authigenic: autigenik
Authochonous: atokton

B

Back-reef: terumbu belakang
Baffeling: penejebak
Bafflestone: bafflestone
Banks: bantaran; tumpukan
Bar: onggokan
Barnacle: barnakel
Barrier: penghalang
Barrier reef: terumbu penghalang
Basin: cekungan
Bathyal: batial
Bathypelagic: batipelagis
Bays: teluk
Beach : gisik
Beachrock: batupantai
Bedding: lapisan
Belemnite: belemnit
Benthic: bentik; bentonik

Benthic forams: foraminifera bentonik
Binding: berbuku-buku; pengikatan
Bindstone: bindstone
Birdeye: mataburung
Biochemical: biokimia
Bioclasts: biockas
Bioerosion: bioerosi
Biofacies: biofasies
Bioherm: bioherm
Biostrome: biostrom
Biota: biota, fauna
Bioturbation: bioturbasi
Bivalve: bivalvia
Blades: berbilah
Blocky cement: semen blok
Blocky equant cement: semen blok sejenis
Boring: pemboran
Botryoidal lump: gumpalan terselimuti
Boundstone: boundstone
Brachiopods: brachyopoda
Breccia: breksi
Bryozoans: bryozoa
Bubble: gelembung
Buildup: bangunan
Burrowing: galian
By-pass: langsung

C

Calcarenite: kalkarenit
Calcareous: karbonatan; gampingan
Calci spere: kalsifer
Calcite: kalsit
Caliche: kalice
Calcrete: kalkter
Calpionellids: kalpionelid
Cambrium: kambrium
Carbon: karbon
Carbonate cement: semen karbonat
Carbonate grains: butiran karbonat
Carbonate minerals: mineral karbonat
Carbonate mud: lumpur karbonat
Carbonate ooze: lumpur gampingan
Cathodoluminescence: kilau-katode
Cave: gua

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Cavern: gua
Cellular: sesular
Cementstone: batusemen
Cephalopods: cephalopoda
Chalk: kapur
Channel: saluran
Chaotic: kacau
Chemical: kimia
Chytans: citons
Classification: penggolongan
Clasts: klastika
Clay minerals: mineral lempung
Claystone: batulempung
Cleavage: belahan
Clinker: terak
Club shape: bentuk tongkat
Clump: gumpalan
Cluster: kelompok
Coastal: pesisir
Coated: terlapis
Coated grains: butiran terlapis
Cocolith: cocolith
Coelenterates: coelenterata
Collophane: kolofan
Colonization: kolonisasi
Columnar: tiang
Compaction: pemampatan
Concave: cembung
Concentric: melingkar
Concentric lamination: perarian melingkar
Concretion: bintal
Condensed-stone: batupadat
Confused: rancu
Continental: benua
Convolute lamination: perarian meliuk
Coquina: kokuina
Coral: koral
Corrosion: korosi
Cortoids: kortoid
Crinoids: krinoid
Cross lamination: perarian silang-siur
Crust: kerak
Crusting: pengerakan
Crust cement: semen berkerak
Cryptagal: kriptagal
Crystal: kristal

Crystalline: kristalin
Current: arus
Cuspate: cembung
Cuspate reef: terumbu cembung
Cyanobacteria: Sianobakteri
Cyanoids: sianoid

D

Decapods: dekapoda
Decomposition: dekomposisi
Deep: dalam
Depositional: pengendapan
Desintegration: pemecahan
Detached: terlepas
Detached platform: paparan terlepas
Diagenetic: diagenesis
Discontinuity: takmenerus
Disintegration: penghancuran
Dissolution: pelarutan
Distally steepened ramp: landaian bertahap jauh
Diversification: diversifikasi; beragam
Diversity: keragaman
Doline: dolina
Dolomite: dolomit
Dolomitization: pendolomitan
Domal: kubah
Domination: dominasi
Dripstone: batutetes
Drowned platform: paparan jatuh
Drussy cement: semen drus

E

Echinoderms: echinodermata
Echinoids: ekinoid
Electron microscope: mikroskop elektron
Elongate: lonjong
Encrusting: berkerak
Endokars: endokars
Environment: lingkungan
Eocene: eosin
Eolian: angin
Eolianite: eolianit
Epeiric: epeirik ; landai
Epeiric platform: paparan landai
Epifauna: epifauna

Epipelagic: epipelagis
Evaporite: penguapan
Evaporite platform: paparan penguapan
Exokars: eksokars
Extraclast: ekstraklas

F

Fabric: kemas
Feldspar: feldspar
Fenestrae: fenestral
Floatstone: floatstone
Flowstone: batualir
Fibers: berserabut
Fissure: celah
Fitted-stone: batumampat
Fore-reef: terumbu depan
Foreset: bidang-depan
Foreshore: gisik
Foreslope: lereng depan
Forsterite: forsterit
Fossiliferous: fosilan
Fracture: retakan
Fracturing: peretakan
Framestone: framestone
Framework: kerangka

G

Gap: ruang-antara
Gastropods: gastropoda
Geometry: bentuk
Geopetal: geopetal
Glacial: glasial; es
Glass: gelas
Glauconite: glaukonit
Glendonite: glendonit
Globular: membundar
Graded bedding: lapisan bersusun
Grain aggregates: agregat butiran
Grain flow: aliran butiran
Grainstone: grainstone
Grapestone: batuanggur
Gravity flow: aliran gayaberat
Green algae: ganggang hijau

Groove: alur
Group: kelompok
Gypsum: gipsum

H

Hadal: hadal
Hadalpelagic: hadalpelagis
Hand-specimen: contoh-setangan
Hardgrounds: alas-keras; dasar-keras
Hexahydrate: heksahidrat
Holocene: holosen
Homoclinal ramp: landaian homoklin

I

Ichnofossil: iknofosil
Infauna: infauna
Inner ramp: landaian dalam
Insoluble: tak larut
Interpretation: interpretasi
Intercrystal: interkristal
Interparticle: interpartikel
Intraparticle: intrapartikel
Intertidal: pasang-surut tengah
Intraclasts: intraklas
Inversion: Inversi
Isolated: terpisah
Isolated platform: paparan terpisah

K

Karren: karren
Knoll: busut

L

Lagoon: laguna
Lamination: perarian
Laminites: laminit
Laminoid: melensa
Land: daratan
Limestone: batugamping
Limonite: limonit
Lithification: pembatuan
Lithoclast: lithoklas
Lithofacies: lithofasies

Littoral: litoral
Longshore: panjang-pantai
Lower slope: lereng bawah
Lump: gumpalan

M

Macrophytes: makrofita
Mafic minerals: mineral mafik
Magnesite: magnesit
Margin: tepi; tepian
Marl: napal
Massive: pejal
Mat: tatakan
Matrix: matriks
Meniscus cement: semen cekung
Mesh: saringan
Mesopelagic: mesopelagis
Meteoric: meteorik
Micaceous: mika
Micrite: mikrit
Micrite envelope: sampul mikrit
Micritization: pemikritan
Micritized grains: butiran termikritkan
Micro-organism: jasad-renik
Microscope: mikroskop
Microspar: mikrosparit
Microsparstone: batumikrospar
Microstructure: mikrostruktur
Mid ramp: landaian tengah
Mineral: mineral
Miocene: miosen
Molluscs: moluska
Monocrystalline: kristal-tunggal
Mottled: totol-totol
Mouldic: cetakan
Mound: gundukan
Mud: lumpur
Mud clasts: klastika lumpur
Mudcrack: rekah-kerut
Mudstone: mudstone; batulumpur
Muscovite: muskovit

N

Necton: nekton
Needle-fibrous cement: semen jarum-berlembat

Neogene: neogen
Neritic: neritik
Nodular: bintal
Non-planar: tak sejajar
Non-rimmed: tak terbatas

O

Oceanic rise: tinggian laut
Offshore: lepas pantai ; beting
Oligocene: oligosen
Onchoids: Oncoid
Ooids: ooid
Ooze: lumpur
Ore minerals: mineral bijih
Organic reef: terumbu organik
Organic remains: sisa organik
Organism: organisme
Orientation: pengarahannya
Origin: muasal
Orthosparite: ortosparit
Ostracods: ostrakoda
Outer ramp: landaian luar
Oval: lonjong

P

Packed: teronggok
Packing: pengepakan
Packstone: packstone
Paleogene: paleogen
Paleocene: paleosen
Paleosol: paleosol
Palustrine: palustrin
Parallel lamination: perarian sejajar
Particle: partikel
Passes: selokan
Pelagic: pelagis
Pellets: pelet
Peloids: peloid
Pendant: menggantung
Pendant cement: semen menggantung
Pericontinental platform: paparan benua dalam
Periplatform: paparan dalam
Permeability: kelulusan
Phosphate: fosfat
Photic: fotik

Phreatic: freatik
Pisoids: pisoid
Pisolite: pisolit
Plagioclase: plagioklas
Plankton: plankton
Planktonic forams: foraminifera planktonik
Plate: lempeng
Plateau: tonjolan
Platform: paparan
Platform reef: terumbu paparan
Pliocene: pliosen
Plistocene: plistosen
Plug: tersumbat
Polish section: sayatan poles
Polycrystalline: kristal-jamak
Polymodal: modal-jamak
Ponds: kubangan
Pool: kolam
Porosity: keporian
Porostromate: porostromat
Precipitation: penguapan
Prophundale: profundal
Prong: garpu
Pseudomorph: pseudomorf
Pseudosparite: pseudosparit
Pteropods: pteropoda
Pyrite: pirit

Q

Quartz: kuarsa

R

Radial: menyebar
Ramp: landaian
Random: acak
Random sample: sampel acak
Red algae: ganggang merah
Red beds: lapisan merah
Reef: terumbu
Reef flank: sayap terumbu
Regime: cara
Recrystallization: rekristalisasi
Replacement: penggantian
Resorbed: tersembul
Resorbed reef: terumbu tersembul

Restricted platform: paparan terbatas
Rhodolite: rodolit
Rhombs: belah ketupat
Rhyminite: ritminit
Rigid: keras
Rimmed: terbatas; melingkar
Ring: cincin
Ring reef: terumbu cincin
Ripple marks: gelembur gelombang
Rock fall: jatuhan batuan
Rock fragments: kepingan batuan
Roundness: kebundaran
Rudite: rudit
Rudstone: rudstone
Rugose: rugos

S

Sample: sampel
Sandstone: batupasit
Schleractinians: schleractinian
Secondary: sekunder
Selected: terseleksi
Serpulids: serpulid
Serrate: bergerigi
Sessile: sesil
Shape: bentuk
Shallow: dangkal
Shelf: dangkalan
Shelf break: pemutusan dangkalan
Shelter: naungan
Shoal: gisik; beting
Shore: pantai
Shore line: garis pantai
Shrub: belukar
Siliceous ooze: lumpur silika
Sinter: sinter
Size: ukuran
Skeletal: kerangka
Skeletal grains: butiran kerangka
Skeleton: kerangka
Skewness: kepengangan; kecondongan
Sliding: luncuran
Slope: lereng; lerengan
Slope break: tekuk lereng
Slumping: nendatan
Sorting: pemilahan

Source: muasal
Sparse: jarang
Sparstone: batuspar
Spastolite: spastolit
Speleothems: speleohem
Spherical: melingkar
Spherical reef: terumbu melingkar
Splintery: berkeping
Sponges: sponge
Spongiostrome: spongiostrom
Spur: galur
Stabilization: stabilisasi
Staining test: uji penodaan kimia
Stalacmite: stalakmit
Stalactite: stalaktit
Stalaktitic: menggantung
Statistica: statistik
Storm: badai
Strandplain: pantai datar
Stratified: strata
Stratified sample: sampel strata
Stromatactic: stromataktik
Stromatactoid: stromataktoid
Stromatolite: stromatolit
Stromatoporida: stromatoporid
Subtidal: pasang-surut bawah
Succession: runtunan
Supported: terdukung
Supratidal: pasang-surut atas
Sutured: bergerigi
Syntaxial single cement: semen tunggal tumbuh
Systematic: sistematis
Systematic sample: sampel sistematis

T
Tabulate: tabulat
Tentacullitids: tentakulid
Tepee: kerucut
Terrestrial: daratan
Terrigenous: asal darat
Terrigenous grains: butiran terigen; asal darat

Test: uji
Thin section: sayatan pipih
Tide: pasang-surut
Tidal: pasang-surut
Tidal channel: saluran pasang-surut
Toeslope: tekuk lereng
Tourmaline: tourmalin
Transition: peralihan
Transportation: pengangkutan
Travertine: travertin
Trilobite: trilobit
Tufa: tufa
Tufts: tumpukan
Turbidite: turbidit

U

Unconformity: tak selaras
Unimodal: modal-tunggal
Upper slope: lereng atas

V

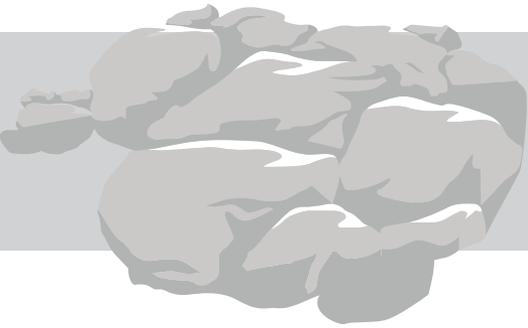
Vadose: vados
Visible: kasatmata
Vug: gerowong
Vuggy: gerowong

W

Wackestone: wackestone
Wall: dinding
Wall reef: terumbu dinding
Wave: gelombang
Wave base: dasar gelombang
Wave lamination: perarian bergelombang
Winnowed: tertampi
Winnowed platform: paparan tertampi
Winnowing: penampian
Worn: licin

Z

Zircon: zirkon



INDEX

- abisal 59, 330, 361
abrasi 17, 24, 38, 63, 112, 235, 241, 253,
267, 280, 281, 283, 312, 361
Adams 5, 7, 21, 145, 256, 335
agitasi 9, 38, 63, 361
agregat 9, 12, 71, 75, 79, 327, 363
Ahr 34, 54, 62, 174, 335
akrasi 59, 361
alokem 38, 361
alokton 37, 38, 51, 66, 67, 68, 72, 78, 297,
361
alostratigrafi 57, 361
amonit 66, 361
Andreeva 84, 114, 128, 129, 132, 299, 336
anhidrit 67, 70, 361
aragonit 2, 15, 17, 21, 48, 49, 51, 52, 361
Arkeokrat 355
arthropoda 16
atokton 37, 361
atol 69, 361
authigenik 18, 21, 107, 115, 116, 117, 125,
127, 143, 146, 150, 153, 154, 165,
169, 235, 237, 239, 269, 283, 287,
289, 294, 295
bafflestone viii, 41, 73, 93, 95, 100, 101,
107, 114, 137, 145, 355, 361
bantaran 30, 34, 361
barnakel 16, 64, 361
Bathurst 2, 7, 115, 116, 132, 145, 229, 231,
256, 272, 293, 294, 336
Batial 355
Batipelagis 355
Batualir 355
batuanggur 12, 56, 75, 76, 363
batugamping viii, x, xi, xii, xiii, xiv, xv,
xvii, xx, xxii, xxv, xxvii, xxix, xxxi,
1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16,
17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28,
29, 31, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 42,
45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56,
57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67,
68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78,
79, 83, 84, 85, 88, 89, 92, 93, 94, 95,
96, 97, 98, 100, 101, 104, 106, 107,
108, 112, 113, 114, 115, 116, 117,
118, 119, 123, 124, 125, 127, 128,
129, 132, 133, 137, 140, 141, 142,
143, 145, 146, 149, 150, 151, 152,
153, 154, 156, 159, 160, 162, 163,
165, 168, 169, 172, 174, 175, 176,
177, 181, 182, 183, 184, 185, 186,
188, 189, 190, 191, 192, 193, 194,
199, 200, 201, 203, 205, 206, 207,
208, 210, 212, 213, 214, 216, 219,
220, 224, 226, 227, 228, 229, 230,
231, 232, 234, 235, 239, 241, 242,
244, 246, 248, 250, 252, 253, 254,
255, 256, 257, 262, 265, 267, 268,
271, 272, 273, 275, 276, 277, 281,
283, 284, 286, 287, 290, 291, 292,
293, 294, 295, 297, 298, 299, 301,
303, 304, 307, 310, 312, 313, 314,
315, 316, 317, 318, 319, 321, 322,
323, 324, 325, 326, 328, 329, 330,
331, 332, 333, 344, 345, 346, 351,
363, 379

Buku ini tidak diperjualbelikan.

- batulempung viii, xii, 89, 92, 93, 96, 97,
101, 123, 125, 127, 142, 162, 163,
221, 235, 299, 323, 362
- batulumpur 68, 89, 96, 119, 140, 214, 220,
226, 364
- batumampat 42, 363
- Batumikrospas 355
- batupadat 42, 362
- Batupantai 355
- batupasir ix, 26, 89, 92, 94, 96, 97, 100,
101, 106, 119, 140, 142, 156, 162,
175, 176, 177, 214, 216, 299, 321,
322
- batusemen 42, 78, 362
- batuspar 42, 366
- Batutetes 355
- belemnit 16, 361
- Bemmelen 175, 214, 323, 324, 336
- Bentik 355
- Berbilah 355
- bergerigi xiv, 30, 116, 149, 190, 191, 207,
365, 366
- berkeping 3, 366
- berkerak 19, 41, 199, 359, 362
- Berserabut 356
- beting 62, 63, 364, 365
- bindstone xii, xiii, 41, 69, 70, 73, 75, 76,
77, 79, 104, 108, 114, 116, 140, 145,
147, 156, 159, 160, 162, 168, 172,
356, 361
- bintal x, xx, 3, 10, 33, 67, 70, 123, 124,
275, 277, 362, 364
- bioerosi 51, 63, 64, 361
- biofasies 70, 78, 361
- bioherm 34, 35, 51, 356, 361
- bioklas ix, xvii, xviii, xix, xxii, xxiii, 38, 49,
56, 72, 74, 104, 106, 108, 110, 112,
168, 199, 206, 226, 228, 249, 250,
251, 252, 253, 262, 265, 267, 268,
270, 272, 279, 280, 291, 292, 299,
303, 304, 306, 307, 308, 309, 310,
311, 312
- Biostrom 356
- biota 3, 26, 35, 40, 51, 52, 61, 63, 64, 66,
67, 68, 70, 74, 75, 76, 117, 137, 151,
271, 290, 291, 330, 356, 361
- bioturbasi x, xix, xx, xxi, 19, 49, 51, 55,
63, 64, 65, 67, 68, 98, 110, 115, 133,
146, 152, 153, 264, 265, 267, 268,
270, 276, 283, 284, 361
- Bishop 85, 117, 118, 172, 174, 188, 322,
337
- bivalvia 16, 63, 67, 68, 69, 73, 74, 321, 361
- Boggs 2, 3, 22, 23, 24, 26, 28, 31, 32, 33,
34, 337
- boundstone xiii, xiv, 31, 40, 41, 68, 73,
142, 156, 160, 162, 163, 168, 169,
175, 177, 181, 182, 183, 184, 186,
188, 189, 190, 199, 200, 201, 226,
227, 303, 304, 310, 312, 323, 328,
356, 361
- brachiopoda xx, 16, 64, 67, 73, 74, 235,
267
- breksi 63, 66, 68, 69, 72, 77, 79, 89, 119,
175, 176, 182, 226, 323, 361
- bryozoa ix, xiii, xv, xvi, xvii, xix, xx, 16,
35, 63, 64, 65, 73, 94, 101, 106, 107,
108, 112, 114, 116, 128, 137, 140,
145, 160, 166, 167, 168, 172, 199,
203, 226, 227, 229, 235, 248, 251,
252, 262, 265, 268, 272, 280, 281,
282, 287, 307, 310, 312, 361
- Busut 356
- butiran vii, ix, x, xi, xii, xiv, xv, xvii, xviii,
xx, xxii, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16,
17, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 30,
31, 34, 37, 38, 40, 41, 43, 45, 48, 50,
51, 52, 56, 59, 60, 67, 68, 69, 70, 71,
72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 84,
92, 93, 94, 97, 107, 108, 110, 111,
112, 115, 116, 117, 118, 125, 127,
128, 132, 137, 140, 142, 143, 146,
147, 148, 149, 150, 151, 153, 154,
156, 165, 166, 168, 169, 172, 188,
191, 192, 194, 199, 200, 201, 203,
205, 206, 207, 208, 210, 234, 235,
237, 238, 239, 240, 241, 248, 250,
252, 253, 262, 265, 267, 270, 271,
279, 280, 281, 284, 286, 287, 289,
290, 294, 298, 299, 302, 303, 304,
306, 307, 310, 312, 321, 329, 355,
361, 362, 363, 364, 365, 366

- cekungan x, xi, 3, 14, 53, 55, 56, 59, 62, 64,
66, 67, 72, 74, 77, 85, 97, 98, 114,
117, 128, 129, 130, 132, 133, 137,
175, 176, 192, 193, 213, 227, 241,
242, 272, 279, 281, 291, 292, 313,
314, 315, 316, 322, 323, 324, 325,
330, 332, 333, 345, 351, 361
- cephalopoda 16, 362
- cetakan x, xviii, xx, 22, 75, 122, 143, 239,
240, 276, 364
- Chafetz 48, 49, 338
- chiton 16
- Choquette vii, 22, 42, 43, 48, 115, 207,
268, 272, 273, 284, 294, 321, 338,
342
- cocolit 15, 362
- coelenterata 16, 362
- Cook 59, 338, 347
- dekapoda 16, 362
- dekomposisi 17, 362
- diagenesis 3, 7, 17, 18, 19, 21, 37, 42, 51,
66, 69, 70, 71, 77, 84, 115, 116, 118,
119, 143, 145, 146, 149, 150, 151,
152, 153, 154, 156, 174, 194, 199,
207, 213, 231, 239, 254, 256, 268,
269, 271, 272, 273, 283, 284, 287,
290, 292, 293, 294, 322, 331, 335,
336, 339, 342, 343, 344, 345, 346,
347, 348, 350, 351, 362
- diversifikasi 57, 362
- dolina 48, 362
- dolomit xvi, 1, 2, 3, 6, 7, 48, 68, 69, 70,
77, 79, 143, 149, 154, 199, 200, 201,
202, 205, 208, 210, 212, 213, 214,
235, 322, 345, 362
- Dunham vii, 7, 27, 40, 41, 42, 71, 84, 176,
216, 235, 255, 262, 277, 298, 338
- echinodermata ix, x, xv, xviii, xix, xxii, 16,
19, 65, 72, 73, 74, 79, 108, 110, 113,
199, 201, 203, 226, 235, 249, 250,
251, 262, 265, 272, 280, 291, 299,
306, 307, 362
- Echinoid 356
- Ehrlich 321, 338, 339
- eksokars 48, 363
- ekstraklas xvii, 14, 51, 72, 163, 165, 168,
169, 199, 228, 248, 307, 363
- Embry vii, 41, 42, 71, 84, 176, 216, 235,
255, 298, 339
- endokars 48, 356, 362
- Enos 54, 59, 338, 339
- eolian 49
- eolianit 48, 362
- Eosen xxiii, 85, 298, 313, 315, 316, 325,
356
- epeirik 64, 65, 330, 362
- epifauna 67, 73, 356, 362
- Epipelagis 356
- Fairchild 49, 339
- feldspar xvii, 17, 21, 106, 125, 127, 143,
146, 163, 169, 228, 235, 279, 307,
356, 363
- fenestral xix, 22, 28, 29, 31, 48, 71, 77, 128,
143, 239, 260, 322, 363
- floatstone viii, ix, x, xi, xii, xiii, xvi, xvii,
41, 65, 68, 69, 72, 73, 74, 77, 93, 94,
95, 100, 104, 105, 106, 108, 112,
114, 119, 122, 123, 125, 127, 128,
129, 131, 137, 140, 142, 145, 147,
148, 159, 160, 161, 162, 163, 166,
167, 169, 172, 174, 200, 201, 202,
220, 224, 226, 227, 228, 229, 283,
292, 303, 306, 356, 363
- Flugel viii, 2, 3, 6, 21, 23, 25, 26, 28, 29,
30, 31, 32, 33, 34, 37, 45, 46, 47, 49,
55, 56, 59, 60, 66, 70, 71, 81, 84, 96,
113, 128, 129, 145, 147, 169, 188,
216, 226, 231, 241, 256, 267, 272,
277, 292, 293, 298, 330, 339
- Folk vii, 3, 7, 8, 9, 11, 17, 19, 24, 32, 38, 39,
48, 49, 84, 235, 277, 338, 339
- foraminifera ix, x, xi, xii, xiv, xv, xvi, xvii,
xviii, xix, xx, xxi, xxii, xxiii, 15, 24,
65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 75, 76, 79,
93, 98, 100, 104, 106, 110, 111, 112,
113, 114, 116, 125, 133, 142, 143,
148, 150, 163, 165, 166, 167, 169,
172, 177, 184, 189, 190, 191, 192,
199, 203, 205, 206, 221, 226, 227,
228, 230, 235, 238, 240, 241, 246,

- 248, 249, 250, 251, 252, 253, 262,
264, 265, 270, 272, 275, 277, 279,
280, 281, 282, 284, 286, 287, 288,
289, 290, 291, 293, 306, 307, 308,
309, 310, 311, 312, 325, 336, 337,
341, 347, 352, 361, 365
- Forsterit 356
- fosil ix, x, xi, xii, xiii, xv, xvii, xviii, xix, xx,
xxi, xxii, xxiii, 3, 21, 24, 26, 30, 31,
32, 35, 48, 65, 66, 67, 70, 71, 72, 73,
77, 78, 79, 92, 93, 94, 97, 98, 100,
101, 104, 106, 107, 108, 110, 112,
113, 116, 118, 119, 125, 127, 128,
133, 140, 142, 143, 146, 147, 148,
149, 153, 154, 156, 160, 163, 165,
166, 168, 169, 172, 175, 177, 199,
200, 201, 202, 205, 206, 220, 224,
226, 227, 228, 229, 230, 235, 239,
241, 248, 250, 251, 253, 257, 262,
264, 265, 266, 267, 268, 269, 270,
272, 273, 275, 276, 277, 279, 280,
281, 282, 283, 284, 285, 286, 287,
288, 289, 290, 293, 294, 299, 302,
306, 307, 309, 310, 312, 321, 323,
325, 342
- fotik 51, 59, 69, 364
- framestone 41, 73, 356, 363
- framework xiv, 22, 143, 190, 346
- freatik ix, 106, 108, 115, 117, 118, 119,
127, 146, 147, 153, 154, 156, 169,
207, 210, 213, 239, 242, 262, 269,
271, 273, 287, 290, 293, 324, 365
- Gafoer 85, 113, 117, 172, 340, 349
- Galur 356
- ganggang ix, x, xi, xii, xiv, xv, xvii, xviii,
xix, xx, xxi, xxii, xxiii, 6, 9, 10, 15,
17, 28, 30, 31, 35, 40, 49, 51, 53, 63,
64, 65, 66, 68, 69, 70, 73, 76, 77, 79,
92, 94, 97, 98, 101, 104, 106, 110,
112, 113, 114, 116, 119, 125, 128,
133, 137, 140, 143, 145, 148, 149,
156, 160, 162, 163, 165, 166, 167,
168, 169, 172, 189, 192, 199, 200,
201, 202, 203, 204, 205, 221, 226,
227, 228, 229, 230, 235, 241, 246,
248, 249, 250, 251, 252, 253, 262,
265, 266, 267, 272, 273, 275, 279,
280, 281, 284, 286, 287, 291, 293,
303, 304, 306, 307, 308, 309, 310,
312, 322, 325, 361, 363, 365
- gastropoda 16, 49, 63, 68, 69, 73, 74, 76,
321, 363
- gelembur 26, 31, 72, 365
- geopetal xxi, 32, 40, 146, 166, 202, 282,
284, 293, 357, 363
- gerowong xii, xiv, xxi, 22, 32, 48, 117, 119,
143, 150, 190, 207, 210, 235, 239,
257, 262, 268, 269, 271, 273, 282,
287, 290, 294, 366
- gypsum 70, 77, 363
- gisik 26, 31, 48, 49, 52, 68, 69, 70, 75, 77,
361, 363, 365
- glasial 47, 49, 363
- glaukonit 17, 21, 30, 125, 127, 143, 165,
169, 235, 307, 363
- glendonit 49, 363
- grainstone viii, x, xi, xii, xiii, xiv, xvii,
xviii, 17, 40, 49, 52, 66, 67, 68, 69,
72, 74, 75, 76, 92, 93, 94, 97, 100,
119, 123, 124, 125, 127, 128, 129,
132, 137, 140, 142, 145, 149, 150,
162, 177, 182, 183, 184, 186, 188,
189, 190, 191, 194, 221, 234, 235,
237, 238, 239, 240, 241, 242, 244,
245, 246, 250, 253, 304, 310, 312,
321, 322, 325, 328, 357, 363
- gumpalan 12, 50, 56, 76, 361, 362, 364
- gundukan 34, 35, 49, 64, 68, 75, 364
- Gutteridge 23, 85, 315, 340
- Hadal 357, 363
- Hadalpelagis 357
- Hall 85, 175, 192, 193, 291, 313, 315, 323,
325, 336, 337, 338, 340, 341, 342,
343, 346, 352, 353
- Hamilton 117, 172, 341
- heksahidrat 49, 363
- Heryanto 295, 298, 341, 342, 350
- Holosen 357
- Hutchinson 117, 172, 342

- iknofosil 49, 363
 infauna 67, 73, 357, 363
 Interkristal 357
 Interpartikel 357
 intraklas x, xi, xii, xiii, xiv, xv, xvi, xvii,
 xviii, xix, xxii, xxiii, 14, 26, 27, 38,
 50, 51, 56, 80, 93, 94, 106, 108, 111,
 112, 113, 114, 149, 166, 167, 192,
 199, 203, 205, 206, 227, 228, 249,
 251, 252, 262, 265, 267, 268, 272,
 281, 303, 308, 309, 310, 312, 321,
 363
 Intrapartikel 357
 James 1, 7, 32, 34, 35, 45, 48, 54, 55, 56,
 57, 58, 59, 61, 63, 118, 145, 213,
 231, 256, 268, 272, 292, 338, 342,
 343, 344, 350, 352
 Jasad-renik 357
 jatuhnya 19, 60, 73, 365
 Jones 32, 54, 84, 96, 98, 113, 128, 133, 169,
 299, 342, 343
 kacau 72, 362
 kalice 32, 37, 47, 70, 361
 kalkarenit 24, 38, 88, 361
 kalkret 47
 kalpionelid 67, 72, 361
 kalsifer 75, 361
 kalsit ix, x, xvi, xix, xx, xxi, xxiii, 2, 3, 6, 7,
 15, 17, 19, 21, 48, 49, 50, 51, 52, 93,
 106, 107, 108, 111, 112, 115, 168,
 169, 175, 183, 199, 200, 201, 202,
 205, 210, 212, 213, 214, 235, 239,
 251, 252, 262, 264, 265, 266, 268,
 269, 270, 271, 275, 277, 279, 280,
 281, 284, 286, 287, 288, 289, 294,
 310, 311, 329, 331, 361
 Kambrium 35, 49, 357
 karbon 17, 51, 106, 265, 361
 karbonatan 17, 89, 113, 361
 karren 48, 357, 363
 kasatmata 43, 49, 366
 kebundaran 24, 38, 365
 kecondongan 23, 365
 Kelulusan 357
 kemas 5, 19, 22, 23, 26, 28, 29, 30, 31, 37,
 40, 42, 43, 71, 76, 79, 84, 107, 117,
 118, 127, 149, 150, 154, 166, 201,
 207, 208, 220, 267, 271, 272, 290,
 294, 298, 363
 Kendall xxv, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19,
 20, 24, 25, 32, 54, 57, 61, 132, 145,
 151, 154, 155, 229, 231, 268, 272,
 299, 342, 343
 kepingan x, xiv, xv, xvi, xx, xxi, 14, 17, 30,
 49, 50, 56, 64, 73, 78, 92, 101, 104,
 106, 112, 113, 114, 116, 125, 127,
 137, 143, 147, 150, 154, 163, 165,
 168, 169, 172, 189, 190, 191, 199,
 200, 202, 203, 205, 220, 221, 223,
 224, 230, 235, 241, 242, 244, 248,
 250, 252, 262, 265, 266, 268, 273,
 275, 277, 279, 280, 281, 283, 288,
 292, 303, 307, 310, 312, 324, 332,
 365
 keporian xii, xiv, xxi, xxii, 3, 21, 22, 37, 42,
 43, 49, 52, 84, 115, 117, 118, 119,
 128, 143, 146, 150, 151, 174, 175,
 190, 210, 239, 271, 273, 282, 286,
 288, 290, 294, 298, 314, 321, 322,
 323, 324, 325, 326, 329, 331, 365
 keragaman 56, 57, 69, 76, 362
 kerak 10, 30, 78, 295, 362
 kerangka vii, xiv, xv, xvi, xxi, xxiii, 1, 15,
 16, 17, 40, 41, 45, 46, 64, 67, 68, 71,
 73, 76, 77, 119, 156, 168, 189, 190,
 199, 204, 227, 288, 310, 311, 356,
 363, 365
 klastika viii, xix, xx, 9, 10, 14, 24, 28, 37,
 41, 85, 89, 92, 93, 94, 95, 96, 97,
 100, 101, 104, 107, 108, 114, 119,
 123, 129, 137, 140, 142, 160, 162,
 172, 182, 183, 184, 192, 194, 200,
 201, 216, 219, 220, 226, 244, 254,
 264, 266, 273, 275, 277, 298, 299,
 303, 322, 323, 362, 364
 Klovan vii, 41, 42, 71, 84, 176, 216, 235,
 255, 298, 339
 kokuina 67, 74, 362
 kolofan 21, 362
 kolonisasi 57, 362

- koral viii, ix, xiv, xv, xvi, xvii, xxi, xxiii, 10,
 17, 35, 57, 73, 94, 95, 101, 104, 106,
 107, 110, 112, 114, 116, 119, 128,
 137, 140, 143, 145, 150, 160, 166,
 168, 172, 175, 186, 188, 189, 190,
 199, 202, 204, 216, 223, 226, 227,
 228, 235, 248, 252, 262, 265, 268,
 272, 275, 280, 281, 283, 288, 303,
 304, 307, 310, 311, 312, 322, 323,
 327, 362
- korosi 30, 48, 327, 362
- kortoid 76, 362
- krinoid 38, 73, 74, 362
- kriptalgol 28, 31, 362
- kristal xx, xxi, 8, 15, 17, 19, 21, 43, 50, 75,
 77, 208, 210, 212, 213, 262, 265,
 266, 268, 269, 270, 271, 273, 286,
 287, 288, 290, 293, 294, 295, 327,
 362, 364, 365
- kuarsa xxi, 3, 4, 17, 21, 38, 51, 68, 72, 106,
 125, 127, 143, 146, 150, 153, 163,
 169, 177, 192, 199, 235, 248, 262,
 279, 280, 281, 287, 288, 289, 293,
 294, 295, 307, 365
- laguna 1, 52, 53, 55, 56, 62, 63, 69, 73, 74,
 75, 76, 77, 85, 97, 98, 100, 113, 169,
 175, 226, 227, 229, 241, 272, 279,
 280, 281, 291, 292, 322, 323, 332,
 363
- laminit 28, 51, 363
- landaian xi, xxiii, 1, 46, 53, 54, 55, 62, 63,
 64, 65, 66, 68, 72, 73, 74, 75, 76, 80,
 85, 113, 128, 132, 133, 145, 169,
 172, 174, 226, 227, 229, 252, 253,
 281, 292, 308, 309, 311, 312, 313,
 314, 322, 330, 332, 333, 362, 363,
 364, 365
- lapisan ix, xii, xvii, xix, xxii, 3, 4, 28, 32,
 47, 50, 70, 92, 93, 94, 97, 98, 101,
 104, 105, 119, 123, 137, 140, 142,
 145, 152, 153, 156, 159, 160, 162,
 183, 184, 186, 188, 194, 199, 220,
 224, 226, 231, 234, 242, 244, 246,
 257, 260, 275, 277, 287, 289, 292,
 299, 303, 304, 312, 324, 332, 361,
 363, 365
- Leeder 344
- lempeng 85, 193, 315, 365
- lereng 32, 46, 49, 53, 55, 59, 60, 61, 62, 63,
 67, 72, 73, 97, 100, 114, 194, 216,
 226, 252, 292, 325, 329, 330, 332,
 345, 360, 363, 364, 365, 366
- licin 68, 72, 74, 79, 366
- limonit 21, 30, 363
- lingkungan ix, xx, xxvii, xxix, 1, 3, 5, 7,
 11, 14, 15, 17, 19, 23, 26, 28, 30, 31,
 32, 33, 40, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51,
 52, 53, 54, 55, 56, 59, 60, 61, 63, 64,
 65, 66, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76,
 77, 78, 79, 83, 84, 88, 89, 96, 97, 98,
 100, 101, 106, 108, 113, 114, 115,
 116, 117, 118, 119, 127, 128, 129,
 132, 133, 137, 143, 145, 146, 150,
 151, 153, 154, 169, 172, 174, 176,
 177, 188, 191, 192, 193, 206, 207,
 213, 214, 226, 227, 229, 231, 239,
 241, 242, 252, 253, 254, 255, 262,
 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273,
 280, 281, 287, 290, 291, 292, 293,
 294, 295, 298, 299, 312, 313, 314,
 322, 323, 324, 325, 326, 329, 330,
 331, 332, 333, 348, 362
- lithoklas 30, 56, 72, 77, 137, 303, 363
- litofasies 70
- litoral 51, 214, 324, 364
- Longman 7, 83, 115, 145, 231, 256, 268,
 272, 273, 293, 335, 344, 347
- lumpur viii, ix, x, xi, xii, xiii, xiv, xv, xvi,
 xvii, xviii, xix, xx, xxi, xxii, xxiii, 9,
 10, 17, 18, 19, 22, 31, 32, 33, 34, 38,
 40, 41, 52, 56, 59, 60, 64, 66, 67, 68,
 69, 70, 93, 95, 104, 106, 107, 108,
 110, 111, 112, 114, 115, 116, 125,
 127, 128, 143, 146, 147, 148, 149,
 150, 153, 154, 156, 163, 165, 166,
 167, 168, 192, 199, 203, 205, 207,
 208, 227, 228, 229, 230, 235, 241,
 248, 249, 250, 251, 253, 262, 264,
 265, 266, 267, 269, 270, 271, 279,
 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286,
 288, 289, 290, 292, 293, 294, 303,

- 304, 306, 307, 308, 309, 310, 311,
321, 357, 361, 364, 365
- luncuran 60, 365
- MacKenzie 7, 145, 231, 256, 335, 344
- Magnesit 2, 358
- makrofita 51, 364
- Margono 298, 344
- Maryanto iv, 85, 89, 101, 115, 118, 119,
132, 133, 137, 156, 174, 176, 188,
193, 202, 203, 204, 205, 206, 208,
209, 210, 211, 212, 214, 215, 216,
226, 230, 232, 234, 235, 236, 237,
238, 239, 240, 241, 242, 243, 254,
291, 292, 295, 297, 299, 322, 323,
324, 325, 326, 331, 332, 344, 345,
346, 351, 379
- matriks ix, xi, xii, xiii, xiv, xv, xvi, xvii,
xviii, xix, xx, xxi, xxii, xxiii, 3, 17,
18, 19, 33, 34, 37, 38, 60, 65, 70, 71,
72, 73, 74, 84, 110, 116, 125, 128,
137, 140, 143, 146, 147, 148, 149,
150, 160, 163, 165, 167, 168, 188,
192, 201, 203, 205, 208, 224, 227,
228, 229, 230, 235, 241, 244, 249,
250, 251, 253, 264, 265, 266, 269,
271, 279, 280, 281, 282, 284, 285,
286, 288, 289, 290, 294, 298, 303,
304, 306, 307, 308, 309, 310, 311,
323, 329, 364
- McKee 10, 48, 346
- melensa 31, 363
- melingkar 9, 10, 12, 24, 50, 75, 359, 360,
362, 365, 366
- membundar 9, 10, 21, 24, 32, 33, 50, 68,
72, 75, 79, 93, 107, 262, 280, 363
- menggantung 49, 360, 364, 366
- menyebar 9, 50, 75, 226, 272, 365
- Mesopelagis 358
- Metcalfe 192, 313, 325, 340, 346
- meteorik ix, 48, 49, 78, 106, 108, 115, 117,
118, 119, 127, 146, 147, 150, 151,
153, 154, 156, 169, 207, 210, 213,
214, 239, 242, 262, 268, 269, 271,
273, 284, 287, 290, 293, 294, 295,
324, 364
- Miall 62, 346
- mika 17, 127, 143, 169, 364
- mikrit xix, 6, 15, 17, 19, 21, 28, 30, 32, 38,
49, 50, 51, 71, 73, 74, 75, 76, 77,
264, 359, 364
- mikroskop 2, 4, 5, 6, 7, 10, 15, 79, 125,
145, 162, 163, 168, 199, 231, 273,
294, 310, 329, 362
- mikrosporit ix, x, xvii, xx, 21, 77, 107, 110,
111, 116, 125, 127, 128, 143, 146,
149, 153, 165, 166, 168, 199, 205,
229, 248, 262, 265, 266, 267, 269,
279, 280, 281, 286, 294, 306, 307,
310, 364
- mikrostruktur 6, 15, 24, 364
- mineral xvi, xxvii, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 17, 18,
19, 21, 28, 31, 34, 38, 48, 77, 97,
106, 107, 115, 117, 125, 127, 143,
146, 147, 150, 153, 154, 165, 169,
207, 212, 213, 235, 239, 248, 262,
265, 269, 279, 280, 281, 283, 287,
289, 293, 294, 295, 307, 315, 322,
323, 342, 350, 358, 361, 362, 364
- Miosen xxiii, 85, 88, 89, 100, 101, 117,
118, 132, 133, 150, 172, 174, 175,
177, 188, 192, 193, 213, 214, 216,
226, 231, 254, 295, 298, 313, 314,
316, 318, 322, 323, 324, 326, 331,
332, 333, 358
- modal 74, 365, 366
- moluska ix, x, xi, xii, xiii, xiv, xv, xvii, xviii,
xix, xx, xxi, xxii, xxiii, 16, 19, 64, 65,
70, 72, 73, 92, 93, 94, 97, 98, 101,
104, 106, 107, 108, 110, 111, 112,
113, 114, 116, 118, 119, 122, 125,
130, 133, 143, 148, 163, 165, 166,
168, 169, 172, 189, 190, 191, 192,
199, 200, 201, 203, 205, 214, 221,
226, 227, 228, 230, 235, 238, 239,
240, 241, 246, 248, 250, 251, 252,
253, 262, 264, 265, 267, 270, 272,
275, 277, 279, 280, 281, 282, 284,
285, 286, 287, 289, 291, 293, 294,
306, 307, 308, 309, 310, 312, 364
- Moore 1, 43, 52, 59, 116, 118, 119, 272,
294, 338, 339, 341, 342, 346, 350

- muasal 3, 6, 32, 43, 49, 85, 315, 364, 366
- mudstone viii, ix, x, xi, 40, 52, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 76, 77, 89, 92, 93, 94, 97, 101, 104, 108, 113, 114, 123, 124, 125, 129, 137, 140, 355, 358, 364
- muskovit 21, 364
- napal x, xvi, xviii, 2, 3, 63, 66, 67, 88, 92, 101, 104, 114, 119, 122, 175, 177, 214, 216, 221, 223, 232, 234, 235, 242, 244, 245, 246, 255, 313, 314, 323, 324, 333, 364
- nekton 60, 66, 364
- nendatan 33, 59, 60, 63, 68, 365
- Neogen iv, xxvii, xxxi, 83, 85, 96, 114, 117, 118, 169, 172, 174, 177, 188, 193, 213, 315, 316, 320, 322, 330, 331, 332, 358
- Neritik 358
- Oligosen 85, 96, 97, 132, 175, 214, 298, 315, 323, 324, 358
- oncoid 9, 10, 51, 56, 71, 74, 75, 77, 78
- onggokan 52, 64, 72, 75, 76, 361
- ooid 9, 10, 12, 38, 49, 51, 52, 56, 62, 68, 71, 74, 79, 364
- organisme 1, 9, 10, 15, 17, 22, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 41, 45, 56, 60, 64, 70, 71, 72, 73, 78, 92, 98, 101, 104, 108, 112, 113, 115, 118, 133, 137, 169, 268, 275, 283, 322, 364
- orthosparit ix, x, xi, xii, xv, xvii, xviii, xix, xxi, xxiii, 106, 107, 108, 111, 112, 115, 125, 127, 149, 150, 165, 166, 167, 168, 169, 175, 199, 204, 205, 207, 229, 235, 239, 240, 248, 250, 251, 252, 281, 282, 306, 310, 311, 331
- ostrakoda 16, 69, 70, 75, 76, 364
- packstone viii, ix, xi, xii, xiii, xiv, xv, xviii, xx, xxi, 40, 52, 65, 66, 67, 68, 69, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 92, 93, 94, 98, 100, 104, 105, 106, 107, 108, 112, 114, 115, 116, 119, 123, 125, 128, 129, 131, 132, 133, 137, 140, 142, 145, 147, 148, 149, 156, 160, 162, 163, 165, 166, 167, 169, 170, 172, 174, 175, 183, 184, 186, 188, 191, 192, 194, 199, 200, 201, 202, 204, 205, 206, 207, 208, 220, 224, 227, 229, 234, 235, 242, 244, 245, 246, 248, 250, 252, 253, 257, 262, 265, 267, 268, 269, 270, 272, 273, 275, 277, 281, 283, 288, 292, 299, 303, 304, 307, 310, 312, 323, 325, 358, 364
- Paleogen iv, xxvii, xxxi, 83, 174, 315, 316, 322, 330, 331, 358
- Paleosen 358
- paleosol 47, 48, 51, 358, 364
- palustrin 47, 48, 50, 364
- pantai 1, 26, 27, 31, 50, 51, 52, 53, 64, 68, 69, 74, 75, 76, 77, 97, 98, 101, 128, 129, 242, 322, 356, 358, 364, 365, 366
- paparan xiii, xv, xxiii, 1, 53, 56, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 85, 97, 100, 114, 117, 128, 129, 133, 169, 170, 172, 174, 175, 177, 193, 204, 207, 213, 231, 241, 253, 281, 291, 292, 308, 309, 311, 312, 313, 314, 315, 323, 325, 326, 330, 331, 332, 333, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366
- partikel xix, 17, 19, 22, 27, 37, 51, 52, 63, 107, 115, 143, 146, 239, 264, 265, 268, 292, 321, 323, 364
- pasang-surut 26, 27, 28, 31, 32, 33, 52, 53, 55, 61, 62, 63, 68, 69, 74, 75, 76, 77, 79, 85, 128, 322, 325, 359, 363, 366
- pejal x, xviii, xxiii, 31, 68, 75, 77, 92, 94, 101, 104, 114, 122, 125, 127, 163, 165, 166, 168, 169, 177, 183, 199, 200, 201, 202, 205, 206, 220, 221, 235, 244, 245, 246, 248, 306, 307, 310, 311, 364
- pelagis 33, 45, 51, 59, 60, 63, 66, 67, 72, 364
- pelarutan viii, ix, xii, xvii, xviii, xix, xx, 19, 22, 30, 33, 48, 49, 60, 93, 95, 107, 112, 115, 116, 117, 118, 119, 123,

- 127, 146, 150, 153, 154, 169, 184,
194, 207, 210, 213, 214, 234, 235,
239, 240, 244, 257, 261, 264, 268,
269, 270, 271, 272, 273, 283, 286,
287, 290, 293, 294, 362
- pelet xii, 10, 11, 24, 62, 68, 106, 114, 125,
142, 143, 163, 165, 169, 199, 205,
235, 248, 250, 262, 265, 279, 280,
281, 306, 307, 310, 364
- peloid 9, 10, 31, 38, 50, 56, 71, 72, 75, 76,
79, 80, 364
- pemampatan xiv, xxii, 26, 27, 33, 115, 116,
119, 146, 149, 153, 154, 190, 191,
194, 207, 239, 268, 270, 272, 283,
289, 294, 362
- Pembatuan 359
- pemboran x, 3, 15, 22, 29, 30, 32, 68, 70,
78, 98, 110, 118, 322, 361
- pemikritan 74, 108, 115, 116, 143, 146,
199, 200, 201, 205, 207, 235, 241,
248, 265, 267, 268, 270, 283, 287,
293, 306, 310, 364
- pemilahan xvii, 5, 17, 23, 24, 26, 38, 48,
66, 84, 220, 234, 248, 281, 298, 310,
365
- penampian 30, 38, 63, 69, 366
- pendolomitan 3, 143, 146, 149, 153, 154,
156, 194, 207, 208, 210, 213, 362
- pengangkutan 17, 23, 26, 27, 31, 45, 59,
60, 66, 366
- pengarahan xxii, xxiii, 26, 27, 77, 92, 106,
112, 116, 119, 123, 137, 140, 149,
169, 199, 235, 277, 299, 302, 303,
308, 310, 312, 364
- pengendapan xxvii, 1, 2, 3, 5, 7, 11, 14, 15,
16, 17, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 29,
30, 31, 32, 35, 40, 42, 43, 45, 46, 47,
48, 49, 51, 52, 53, 54, 56, 59, 60, 61,
62, 63, 64, 65, 66, 70, 71, 72, 73, 75,
78, 79, 80, 83, 84, 85, 96, 97, 100,
101, 113, 114, 117, 118, 119, 128,
129, 132, 133, 137, 140, 145, 146,
153, 162, 169, 172, 174, 176, 188,
192, 193, 206, 207, 213, 214, 226,
227, 229, 230, 231, 232, 241, 242,
253, 254, 255, 267, 268, 272, 279,
280, 281, 283, 284, 291, 292, 294,
295, 298, 299, 312, 313, 314, 322,
323, 324, 325, 329, 330, 331, 332,
333, 348, 362
- pengepakan 26, 27, 364
- pengerakan xv, xvii, 9, 30, 32, 40, 51, 68,
78, 204, 229, 362
- penggantian xi, xviii, 17, 21, 112, 116, 118,
143, 146, 149, 153, 154, 156, 213,
239, 240, 268, 269, 272, 283, 284,
286, 293, 294
- penggolongan 2, 59, 84, 96, 128, 151, 241,
362
- penghalang 52, 63, 68, 69, 175, 176, 323,
360, 361
- penghancuran 12, 17, 362
- pengikat 53, 68
- pengonggokan ix, 30, 47, 78, 79, 80, 104,
108, 110, 114, 119, 361
- penguapan 1, 9, 31, 37, 45, 48, 49, 50, 51,
59, 66, 69, 70, 75, 76, 77, 79, 213,
330, 359, 363, 365
- penjebak 41, 53, 68, 168, 310
- peralihan 45, 47, 51, 53, 92, 169, 172, 329,
366
- perarian ix, xv, 9, 10, 26, 28, 31, 40, 49,
50, 51, 70, 71, 72, 75, 76, 77, 78, 79,
92, 98, 140, 142, 199, 204, 257, 362,
363, 364, 366
- peretakan 115, 118, 146, 154, 174, 268,
272, 283, 294, 322, 331, 363
- pesisir 52, 362
- Pettijohn 3, 4, 17, 21, 26, 27, 347, 348
- pirit 21, 143, 365
- pisoid 9, 10, 50, 51, 78, 365
- Pisolit 359
- plagioklas 21, 365
- plankton 51, 60, 64, 67, 359, 365
- Pliosien 254, 359
- Plistosen 49, 298, 359
- porostromat 74, 77, 365
- Praptisih 193, 291, 322, 325, 348, 350
- profundal 51, 365
- pseudomorf 49, 365
- pseudosparit ix, x, xi, xvi, xvii, 21, 107,
113, 125, 127, 148, 149, 165, 166,

- 199, 205, 227, 228, 230, 235, 248,
286, 306, 310, 365
- pteropoda 16, 365
- rancu 18, 26, 31, 116, 362
- Read 7, 54, 61, 62, 84, 96, 113, 128, 169,
231, 256, 291, 299, 313, 325, 348,
352
- rekah-kerut 22, 364
- rekristalisasi 19, 49, 287, 365
- retakan xvii, 3, 19, 22, 115, 116, 119, 127,
143, 146, 150, 151, 169, 174, 175,
210, 229, 239, 265, 268, 271, 287,
290, 314, 326, 331, 363
- Rigid 359, 365
- ritminit 28, 365
- rodolit 9, 365
- rudit 38, 365
- rudstone ix, xiii, xiv, 41, 65, 68, 72, 73,
74, 75, 77, 78, 93, 94, 100, 104, 105,
106, 107, 112, 114, 128, 137, 140,
145, 175, 177, 181, 182, 183, 184,
185, 186, 188, 189, 192, 200, 219,
220, 221, 226, 244, 252, 303, 323,
325, 359, 365
- rugos 16, 365
- runtunan xx, 49, 53, 57, 84, 92, 101, 104,
106, 107, 112, 113, 114, 117, 119,
123, 125, 127, 129, 137, 162, 163,
165, 166, 168, 169, 172, 174, 176,
186, 188, 191, 193, 194, 199, 205,
206, 207, 214, 216, 220, 226, 227,
229, 232, 234, 241, 242, 246, 248,
250, 252, 253, 255, 257, 262, 265,
268, 272, 276, 277, 279, 280, 281,
283, 287, 289, 291, 292, 298, 299,
303, 304, 306, 307, 310, 312, 313,
314, 326, 331, 332, 333, 366
- saluran 22, 26, 75, 76, 77, 79, 97, 100, 117,
150, 271, 273, 290, 294, 325, 362,
366
- sampel x, xi, xii, xiii, xiv, xv, xvi, xvii, xviii,
xix, xx, xxi, xxii, xxiii, 2, 4, 5, 6, 10,
79, 84, 115, 116, 117, 119, 125, 129,
130, 131, 132, 133, 142, 143, 146,
149, 150, 151, 153, 162, 163, 165,
166, 167, 170, 186, 189, 190, 191,
192, 199, 203, 204, 205, 206, 207,
212, 216, 223, 224, 227, 228, 229,
230, 235, 246, 249, 250, 251, 252,
260, 261, 262, 265, 268, 269, 270,
271, 277, 279, 282, 283, 284, 285,
286, 287, 288, 289, 290, 291, 293,
298, 304, 306, 307, 308, 309, 310,
311, 345, 351, 365, 366
- saringan 23, 364
- Satyana 315, 316, 317, 318, 319, 348, 349,
351
- sayap xi, xii, xiii, xv, xxi, 32, 73, 89, 114,
117, 128, 129, 131, 133, 145, 167,
169, 172, 174, 188, 191, 193, 203,
204, 206, 226, 229, 252, 253, 268,
272, 281, 282, 283, 291, 292, 293,
312, 313, 331, 332, 333, 365
- sayatan xxxi, 2, 4, 5, 6, 26, 29, 30, 70, 125,
210, 284, 365, 366
- Schlager 30, 54, 56, 59, 61, 84, 114, 169,
299, 349
- Scholle 7, 16, 17, 21, 34, 116, 145, 231,
256, 284, 293, 338, 339, 341, 342,
346, 350, 352
- scleractinian 16
- Sellwood 1, 350
- semen xi, xii, xix, xx, 19, 21, 32, 37, 38, 48,
49, 68, 70, 74, 78, 84, 115, 116, 117,
119, 132, 150, 153, 154, 168, 175,
207, 210, 235, 239, 252, 262, 265,
268, 269, 270, 271, 273, 284, 286,
287, 290, 293, 298, 310, 326, 327,
328, 329, 331, 361, 362, 364, 366
- serpulid 16, 63, 365
- sesil 26, 73, 365
- sianobakteri 66, 69, 70
- sianoid 74, 362
- Sikumbang 295, 297, 350
- sinter 47, 48, 49, 51, 360, 365
- Siregar 175, 291, 323, 325, 347, 348, 350
- spastolit 9, 366
- speleotem 47, 48
- sponge 16, 63, 64, 67, 72, 73, 366
- spongiostrom 77, 366

- stalakmit 48, 207, 269, 273, 366
 stalaktit 207, 269, 273, 366
 stromataktik 29, 31, 32, 366
 stromataktoid 77, 366
 stromatolit xv, 9, 31, 51, 57, 199, 204, 366
 stromatoporida 16, 35, 57, 366

 tabulat 16, 366
 Tatakan 360
 tekuk 46, 53, 55, 59, 61, 97, 329, 330, 365, 366
 teluk x, 51, 76, 97, 128, 129, 130, 133, 280, 291, 332, 361
 tentakulit 72
 terak 327, 362
 terigen xiii, xvii, 7, 70, 84, 92, 97, 98, 106, 125, 127, 133, 143, 163, 166, 169, 170, 183, 192, 199, 200, 228, 235, 248, 262, 265, 279, 280, 281, 298, 307, 356, 366
 terlapisi 9, 10, 74, 356, 362
 teronggok 38, 68, 199, 299, 364
 terseleksi 22, 42, 43, 149, 154, 253, 272, 294, 365
 Tersembul 360
 Tersumbat 360
 tertampi xiii, xxiii, 66, 68, 75, 128, 129, 133, 170, 172, 174, 231, 241, 253, 281, 292, 308, 309, 311, 312, 313, 325, 330, 332, 333, 359, 366
 terumbu x, xi, xii, xiii, xv, xvii, xxi, xxii, xxiii, 17, 22, 32, 34, 35, 37, 41, 52, 55, 56, 57, 59, 62, 66, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 83, 85, 88, 89, 97, 100, 101, 106, 112, 113, 114, 117, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 137, 143, 145, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 172, 174, 175, 188, 191, 192, 193, 199, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 213, 214, 226, 228, 229, 241, 248, 250, 252, 253, 255, 262, 265, 267, 268, 272, 281, 282, 283, 288, 291, 292, 293, 306, 307, 310, 311, 312, 313, 314, 322, 323, 325, 326, 330, 331, 332, 333, 345, 350, 359, 361, 362, 363, 364, 365, 366
 tiang 31, 48, 362
 tinggian 59, 97, 132, 314, 330, 333, 364
 total-total 26, 31, 364
 tourmalin 21, 366
 travertin xix, 2, 47, 49, 50, 182, 207, 261, 269, 273, 366
 trilobit 16, 366
 Tucker 1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 23, 26, 27, 37, 52, 54, 61, 63, 84, 96, 114, 128, 145, 172, 188, 191, 213, 226, 229, 231, 256, 268, 272, 291, 299, 343, 351, 352, 353
 tufa 1, 2, 47, 49, 51, 340, 360, 366
 turbidit 26, 28, 31, 55, 59, 63, 66, 67, 72, 73, 175, 323, 366

 uji 6, 115, 125, 142, 163, 199, 224, 246, 304, 339, 353, 366
 ukuran ix, x, xix, xx, 5, 6, 8, 15, 17, 19, 23, 24, 28, 34, 37, 38, 41, 48, 49, 59, 66, 67, 68, 69, 72, 74, 75, 77, 78, 84, 92, 93, 94, 97, 107, 108, 110, 111, 112, 117, 125, 127, 128, 130, 143, 149, 151, 163, 165, 166, 188, 191, 194, 199, 208, 210, 229, 235, 242, 244, 246, 248, 252, 257, 262, 264, 265, 267, 275, 277, 279, 298, 303, 304, 307, 310, 365
 Ulmer-Scholle 7, 16, 17, 21, 116, 231, 256, 293, 350, 352
 vados 49, 93, 115, 117, 146, 147, 150, 153, 154, 207, 213, 214, 268, 271, 273, 289, 290, 293, 295, 366
 Vaziri 32, 352
 Venec 66, 352
 Verrecchia 51, 352
 Vilasi 293, 352

 wackestone viii, ix, x, xi, xii, xiii, xvi, xviii, xx, xxii, 17, 40, 63, 66, 67, 69, 72, 73, 75, 77, 92, 93, 94, 97, 98, 100, 101, 104, 106, 107, 108, 112, 113, 114, 119, 123, 124, 125, 128, 129, 130, 132, 137, 140, 142, 145, 147, 156, 160, 162, 163, 166, 167, 169,

- 172, 174, 184, 186, 191, 194, 199,
200, 201, 205, 206, 207, 208, 220,
223, 224, 226, 227, 229, 241, 244,
257, 262, 265, 267, 268, 272, 273,
275, 276, 277, 279, 280, 281, 292,
299, 301, 302, 303, 304, 306, 312,
325, 360, 366
- Walker 61, 342, 343, 352
- Wilson viii, 1, 53, 55, 61, 62, 66, 71, 79, 81,
84, 85, 96, 113, 128, 129, 147, 169,
188, 191, 213, 216, 226, 232, 241,
256, 267, 279, 298, 313, 315, 325,
330, 341, 352, 353
- Wright vii, 1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15,
17, 23, 26, 27, 37, 42, 48, 51, 52, 54,
61, 62, 84, 96, 114, 128, 145, 172,
174, 188, 191, 213, 226, 229, 231,
256, 268, 272, 291, 299, 314, 326,
335, 337, 348, 352, 353
- zirkon 21, 366
- Zulkarnain 297, 353

Buku ini tidak diperjualbelikan.



RIWAYAT HIDUP PENULIS



Ir. Sigit Maryanto, M.Si. lahir di Sukoharjo, Jawa Tengah, 24 April 1962, dari pasangan Soekir dan Wartini. Pendidikan SD, SMP, dan SMA dia tamatkan di Sukoharjo, kemudian melanjutkan S1 di Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada–Yogyakarta dan tamat pada 1987. Pendidikan S2 tamat pada 2007 didapatkan dari Universitas Padjadjaran Bandung. Penulis menikah pada 1990 dengan Endang Retnowulan, dan dikaruniai dua anak, yaitu Debora Tyas Wradiningsih dan Samuel Lantip Wicaksono.

Pada tahun 1988, penulis mulai bekerja di Seksi Petrologi dan Mineralogi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (sekarang bernama Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral). Lebih dari 50 makalah telah dipublikasikan di berbagai majalah ilmiah berbahasa Indonesia dan Inggris. Sebagian besar tulisannya bertema sedimentologi, stratigrafi, dan petrografi batugamping. Di samping tugas utamanya sebagai pejabat fungsional Peneliti Utama, penulis juga bertindak sebagai anggota asesor laboratorium di Komite Akreditasi Nasional. Selain itu, yang bersangkutan juga aktif sebagai tenaga praktisi di laboratorium sebagai ahli petrografi dan mineragrafi berbagai macam dan jenis batuan, interpreter Difraksi Sinar-X, dan interpreter Analytical Spectral Device.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

MIKROFASIES BATUGAMPING:

STUDI BATUGAMPING PALEOGEN-NEOGEN DI INDONESIA BAGIAN BARAT

Batugamping yang berumur Paleogen-Neogen tersingkap cukup baik di tiga pulau utama di Indonesia bagian barat, yaitu Sumatra, Jawa, dan Kalimantan. Hal ini tentu tidak terlepas dari keadaan geologi regional Asia Tenggara pada Paleogen-Neogen, di mana ketiga pulau tersebut masih merupakan satu kesatuan, yaitu Dangkalan Sunda. Kesamaan runtunan stratigrafi Neogen di ketiga wilayah ini menghasilkan formasi batugamping yang seumur.

Pembahasan mengenai mikrofases batugamping dimulai dengan pengertian, konsep, dan metode analisis mikrofases. Pembahasan yang tidak kalah penting adalah pengenalan mengenai batugamping itu sendiri, seperti komponen, tekstur, struktur, dan klasifikasi batugamping.

Selain itu, fases batugamping terbagi menjadi beberapa fases, yaitu cekungan, landaian laut terbuka, tepi landaian dalam, lereng depan, tepi paparan, paparan tertampi, landaian laguna atau paparan terbuka, paparan terbatas, dan paparan penguapan. Sembilan fases batugamping ini selanjutnya terbagi menjadi dua puluh enam standar mikrofases, dengan kriteria yang berbeda-beda pada tiap-tiap standar mikrofases. Beberapa contoh mikrofases yang akan dibahas di dalam buku ini, antara lain Formasi Baturaja di Sumatra Selatan, Formasi Rajamandala di Jawa Barat, Formasi Jonggrangan di Yogyakarta, Formasi Sentolo di Yogyakarta, Formasi Wonosari di Jawa Timur, dan Formasi Berai di Kalimantan Selatan

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Distributor:
Yayasan Obor Indonesia
Jln. Plaju No.10 Jakarta 10230
Telp. (021) 319 26978, 3920114
Faks. (021) 319 24488
E-mail: yayasan_obor@cbn.net.id

LIPI Press

