



BRIN

BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL



PLANKTONOLOGI



Anita Padang

Buku ini tidak diperjual belikan.



PLANKTONOLOGI



Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tersedia untuk diunduh secara gratis: penerbit.brin.go.id



Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution Non-commercial Share Alike 4.0 International license (CC BY-NC-SA 4.0).

Lisensi ini mengizinkan Anda untuk berbagi, mengopi, mendistribusikan, dan mentransmisi karya untuk penggunaan personal dan bukan tujuan komersial, dengan memberikan atribusi sesuai ketentuan. Karya turunan dan modifikasi harus menggunakan lisensi yang sama.

Informasi detail terkait lisensi CC-BY-NC-SA 4.0 tersedia melalui tautan: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Buku ini tidak diperjualbelikan.

PLANKTONOLOGI



Anita Padang

Penerbit BRIN

Buku ini tidak diperjualbelikan.

© 2023 Anita Padang

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Planktonologi/Anita Padang–Jakarta: Penerbit BRIN, 2023.

xxvii hlm. + 211 hlm.; 14,8 × 21 cm

ISBN 978-623-372-205-6 (cetak)
978-623-8052-86-8 (*e-book*)

1. Plankton
2. Planktonologi
3. Invertebrata

592

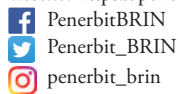
Copy editor : Sonny Heru Kusuma
Proofreader : Annisa' Eskahita Azizah & Rahma Hilma Taslima
Penata isi : Donna Ayu Savanti
Desainer sampul : Donna Ayu Savanti

Cetakan pertama : Desember 2021

Cetakan edisi revisi : Juli 2023



Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, Anggota Ikapi
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung B.J. Habibie, Lantai 8
Jl. M.H. Thamrin No. 8, Kebon Sirih,
Menteng, Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: <https://penerbit.brin.go.id/>



Buku ini tidak diperjualbelikan.



DAFTAR ISI

Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xv
Pengantar Penerbit	xvii
Kata Pengantar Kepala LLDIKTI Wilayah XII Ambon	xix
Prakata	xxi
Ucapan Terima Kasih	xxiii
Tinjauan Mata Kuliah	xxv
BAB I KOMUNITAS UMUM PLANKTON	1
Pendahuluan	1
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah	1
Subcapaian Pembelajaran Mata Kuliah	2
Petunjuk Bagi Mahasiswa	2
A. Pengertian Plankton	2
B. Karakteristik Plankton	3
C. Klasifikasi Plankton	4
Rangkuman	9
Tes Formatif	9
Tindak Lanjut	9
Daftar Pustaka	10

Buku ini tidak diperjualbelikan.

BAB II KOMUNITAS FITOPLANKTON	11
Pendahuluan	11
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah	11
Subcapaian Pembelajaran Mata Kuliah	11
Petunjuk Bagi Mahasiswa	12
A. Gambaran Umum Fitoplankton.....	12
B. Kelas Diatom/Bacillariophyceae	14
C. Kelas Dinoflagellata/Dinophyceae.....	20
D. Kelas Chyanophyceae.....	25
E. Kelas Coccolithophore	29
F. Kelas Chlorophyceae.....	30
G. Kelas Silicoflagellata	32
H. Kelas Euglenopyceae	34
Rangkuman	35
Tes Formatif	35
Tindak Lanjut.....	35
Daftar Pustaka	36
BAB III FOTOSINTESIS DAN SIKLUS NUTRIEN.....	41
Pendahuluan.....	41
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah	41
Subcapaian Pembelajaran Mata Kuliah	41
Petunjuk Bagi Mahasiswa	42
A. Proses Fotosintesis.....	42
B. Siklus Fosfor	44
C. Siklus Nitrat.....	46
D. Ketersediaan Fosfor dan Nitrat di Perairan	48
Rangkuman.....	50
Tes Formatif	51
Tindak Lanjut	51
Daftar Pustaka.....	51
BAB IV KOMUNITAS ZOOPLANKTON.....	53
Pendahuluan	53
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah.....	53

Subcapaian Pembelajaran Mata Kuliah	53
Petunjuk Bagi Mahasiswa	54
A. Gambaran Umum Zooplankton	54
B. Reproduksi dan Siklus Hidup Zooplankton	56
C. Klasifikasi Zooplankton	57
D. Peranan Zooplankton dalam Jaring-Jaring Makanan di Laut.....	62
E. Faktor Lingkungan yang Memengaruhi Zooplankton	63
Rangkuman	68
Tes Formatif.....	69
Tindak Lanjut.....	69
Daftar Pustaka	69
BAB V KOMUNITAS HOLOPLANKTON.....	73
Pendahuluan.....	73
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah	73
Subcapaian Pembelajaran Mata Kuliah	73
Petunjuk Bagi Mahasiswa	74
A. Gambaran Umum Holoplankton	74
B. Kelompok Holoplankton.....	74
Rangkuman	89
Tes Formatif	90
Tindak Lanjut.....	90
Daftar Pustaka.....	91
BAB VI KOMUNITAS MEROPLANKTON	95
Pendahuluan.....	95
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah	95
Subcapaian Pembelajaran Mata Kuliah	95
Petunjuk Bagi Mahasiswa	96
A. Gambaran Umum Meroplankton	96
B. Kelompok Meroplankton.....	98
C. Faktor Lingkungan yang Memengaruhi Meroplankton.....	102

Rangkuman	110
Tes Formatif	111
Tindak Lanjut	111
Daftar Pustaka	111
BAB VII PENGELOMPOKAN DAN DAYA APUNG.....	115
Pendahuluan	115
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah	115
Subcapaian Pembelajaran Mata Kuliah.....	115
Petunjuk Bagi Mahasiswa.....	116
A. Pengelompokan Plankton.....	116
B. Mekanisme Mengapung.....	117
Rangkuman	121
Tes Formatif.....	121
Tindak Lanjut.....	121
Daftar Pustaka	122
BAB VIII DISTRIBUSI PLANKTON	123
Pendahuluan	123
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah.....	123
Subcapaian Pembelajaran Mata Kuliah	123
Petunjuk Bagi Mahasiswa	124
A. Distribusi Zooplankton.....	124
B. Faktor Lingkungan yang Memengaruhi	
Distribusi atau Migrasi Plankton.....	125
C. Migrasi Vertikal Harian.....	127
D. Migrasi Vertikal Musiman	129
Rangkuman.....	129
Tes Formatif.....	130
Tindak Lanjut	130
Daftar Pustaka.....	130

BAB IX	<i>RED TIDE</i>	133
	Pendahuluan.....	133
	Capaian Pembelajaran Mata Kuliah	133
	Subcapaian Pembelajaran Mata Kuliah	133
	Petunjuk Bagi Mahasiswa	134
	A. Mekanisme <i>Red Tide</i>	134
	B. Penyebab <i>Red Tide</i>	135
	C. Jenis-Jenis Plankton Penyebab <i>Red Tide</i>	137
	D. Dampak <i>Red Tide</i> di Perairan	139
	Rangkuman	142
	Tes Formatif	142
	Tindak Lanjut.....	143
	Daftar Pustaka	145
BAB X	METODE SAMPLING DAN	
	STUDI KUANTITATIF	145
	Pendahuluan	145
	Capaian Pembelajaran Mata Kuliah.....	145
	Indikator.....	145
	Petunjuk Bagi Mahasiswa.....	146
	A. Koleksi Plankton.....	146
	B. Pengawetan Sampel.....	153
	C. Menganalisis Sampel	154
	Rangkuman	158
	Tes Formatif.....	158
	Tindak Lanjut.....	159
	Daftar Pustaka	159

BAB XI PERANAN PLANKTON DI BIDANG	
PERIKANAN	161
Pendahuluan	161
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah.....	161
Indikator.....	161
Petunjuk Bagi Mahasiswa.....	162
A. Peranan Plankton di Perairan	162
B. Peranan Plankton dalam Budi Daya.....	165
Rangkuman	192
Tes Formatif.....	192
Tindak Lanjut.....	193
Daftar Pustaka	193
Glosarium	203
Indeks	209
Tentang Penulis.....	211



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Beberapa Jenis Fitoplankton.....	5
Gambar 1.2	Beberapa Jenis Zooplankton.....	6
Gambar 2.1	Diatom Centrales dan Diatom Pennales.....	15
Gambar 2.2	Struktur Sel Diatom.....	17
Gambar 2.3	Siklus Reproduksi Diatom	18
Gambar 2.4	Morfologi Dinoflagellata	21
Gambar 2.5	Spesies Dinoflagellata	22
Gambar 2.6	Simbiosis Zooxanthellae dengan Karang	24
Gambar 2.7	Struktur Sel Chyanophyceae	25
Gambar 2.8	Reproduksi dengan Pembelahan Sel	26
Gambar 2.9	Reproduksi dengan Fragmentasi.....	26
Gambar 2.10	Reproduksi dengan Pembentukan Spora	27
Gambar 2.11	Beberapa Jenis Chyanophyceae	28
Gambar 2.12	Beberapa Jenis Coccolithophore.....	30
Gambar 2.13	Morfologi Chlorophyceae	30
Gambar 2.14	Siklus Reproduksi Chlorophyceae	31
Gambar 2.15	Beberapa Jenis Chlorophyceae.....	32
Gambar 2.16	Silicoflagellata	33
Gambar 2.17	Morfologi Euglenophyceae.....	34
Gambar 3.1	Struktur Kloroplas.....	42

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Gambar 3.2	Fase Intensitas Cahaya terhadap Laju Fotosintesis	44
Gambar 3.3	Siklus Fosfor	45
Gambar 3.4	Siklus Nitrat.....	47
Gambar 3.5	Perbedaan Siklus Fosfor dan Siklus Nitrat	50
Gambar 4.1	Beberapa Jenis Zooplankton.....	58
Gambar 5.1	<i>Noctiluca scintillans</i>	75
Gambar 5.2	Foraminifera	76
Gambar 5.3	Radiolaria.....	77
Gambar 5.4	Cladocera.....	78
Gambar 5.5	Ostracoda.....	78
Gambar 5.6	Jenis-Jenis Copepoda.....	80
Gambar 5.7	Euphausiidae.....	81
Gambar 5.8	Ciliata	82
Gambar 5.9	Medusae.....	83
Gambar 5.10	Ctenophora	84
Gambar 5.11	Chaetognatha.....	85
Gambar 5.12	Heteropoda.....	86
Gambar 5.13	Pteropoda/Thecosoma.....	87
Gambar 5.14	Beberapa Jenis Rotifera.....	88
Gambar 5.15	Rotifera.....	89
Gambar 6.1	Fase Larva Echinodermata.....	100
Gambar 6.2	Beberapa Jenis Meroplankton.....	101
Gambar 6.3	Fase Perkembangan Telur Ikan	102
Gambar 7.1	Pengelompokan Plankton.....	117
Gambar 7.2	Pengurangan Berat Lebih	119
Gambar 7.3	Mengubah Hambatan Permukaan.....	120
Gambar 8.1	Migrasi Vertikal Plankton.....	128
Gambar 9.1	Warna Perairan saat Terjadi <i>Red Tide</i>	135
Gambar 9.2	Jenis-Jenis Plankton Penyebab <i>Red Tide</i>	138
Gambar 10.1	<i>Water bottle</i>	147
Gambar 10.2	<i>Van Dorn/Nansen Bottle Sampler</i>	148
Gambar 10.3	Pompa Hisap.....	149
Gambar 10.4	<i>Plankton Net</i>	150
Gambar 10.5	Pengambilan secara Horizontal.....	152
Gambar 10.6	Haemocytometer	155

Gambar 10.7	<i>Rafter Cell</i>	156
Gambar 10.8	Cawan Bogorov.....	156
Gambar 11.1	Rantai Makanan di Laut	163
Gambar 11.2	Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a di Perairan Sungaitohor.....	164
Gambar 11.3	<i>Chorella</i> sp.	166
Gambar 11.4	<i>Navicula</i> sp.....	167
Gambar 11.5	<i>Dunaliella</i> sp.	168
Gambar 11.6	<i>Tetraselmis</i> sp.	169
Gambar 11.7	<i>Nannochloropsis</i> sp.	171
Gambar 11.8	Coccolithophore	172
Gambar 11.9	<i>Skeletonema costatum</i>	174
Gambar 11.10	<i>Chateoceros</i> sp.	175
Gambar 11.11	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	176
Gambar 11.12	<i>Spirulina</i> sp.	177
Gambar 11.13	<i>Isochrysis</i> sp.....	179
Gambar 11.14	<i>Scenedesmus</i> sp.....	180
Gambar 11.15	<i>Nitzschia</i> sp.	181
Gambar 11.16	<i>Thalassiosira</i> sp.....	182
Gambar 11.17	<i>Moina</i> sp.	184
Gambar 11.18	<i>Daphnia</i> sp.....	185
Gambar 11.19	<i>Artemia</i> sp.	186
Gambar 11.20	<i>Brachionus plicatilis</i>	187
Gambar 11.21	<i>Oithona</i> sp.....	190
Gambar 11.22	<i>Tigriopus</i> sp.	190
Gambar 11.23	<i>Acartia</i> sp.	191
Gambar 11.24	<i>Diaphanosoma</i> sp.....	191



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kelas Fitoplankton di Perairan.....	13
Tabel 3.1	Kisaran Senyawa-Senyawa Nitrogen di Perairan Pantai.....	46
Tabel 6.1	Kelebihan dan Kelemahan Tipe Larva	97
Tabel 6.2	Kelompok Hewan Meroplankton dan Nama Fase	99
Tabel 9.1	Kelompok, Sifat, dan Spesies Fitoplankton Penyebab <i>Red Tide</i>	140
Tabel 10.1	Tabulasi Data Analisis Plankton	157

Buku ini tidak diperjualbelikan.



PENGANTAR PENERBIT

Sebagai penerbit ilmiah, Penerbit BRIN mempunyai tanggung jawab untuk terus berupaya menyediakan terbitan ilmiah yang berkualitas. Upaya tersebut merupakan salah satu perwujudan tugas Penerbit BRIN untuk turut serta membangun sumber daya manusia unggul dan mencerdaskan kehidupan bangsa sebagaimana yang diamanatkan dalam pembukaan UUD 1945.

Buku yang mengulas tentang seluk-beluk plankton ini merupakan buku yang dapat dijadikan pegangan bagi mahasiswa dalam memahami organisme plankton di perairan. Buku ini tidak hanya mengulas kriteria plankton, tetapi juga menjelaskan kehidupan plankton dalam perairan dan budi daya. Buku ini secara khusus diperuntukkan bagi mahasiswa yang mengambil mata kuliah planktonologi karena di dalamnya terdapat bahan materi perkuliahan.

Buku ini sebelumnya pernah terbit pada 2021, dan tahun ini diterbitkan ulang dengan melakukan penambahan substansi dan penyesuaian sistematika dari buku ajar sebelumnya. Dengan hadirnya buku ini, diharapkan dapat menambah pengetahuan mahasiswa tentang kehidupan plankton dan peranannya di alam.

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

Penerbit BRIN

Buku ini tidak diperjualbelikan.



KATA PENGANTAR

Kepala LLDIKTI Wilayah XII Ambon

Puji dan syukur patut dipersembahkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penerbitan buku ini dapat terlaksana.

Penulis merupakan tenaga pendidik yang bertugas merencanakan dan melaksanakan proses pembelajaran, menilai hasil pembelajaran, melakukan pembimbingan dan pelatihan, serta melakukan penelitian, publikasi dan juga pengabdian kepada masyarakat. Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen, terutama Pasal 60, menyatakan bahwa dalam melaksanakan tugas keprofesian, dosen berkewajiban melakukan publikasi ilmiah sebagai salah satu sumber belajar. Hal ini dibuktikan dengan menulis buku ajar sebagai salah satu sumber belajar.

Tahun 2021, LLDIKTI Wilayah XII telah mengalokasikan anggaran untuk Program Penulisan Buku Ajar sebanyak 60 judul. Penerbitan buku ajar sebanyak 60 judul diperoleh melalui kompetisi yang didanai oleh DIPA LLDIKTI Wilayah XII Tahun Anggaran 2021. Program dan kompetisi ini dimaksudkan untuk meningkatkan motivasi maupun kualitas dalam menyusun buku ajar serta meningkatkan budaya menulis yang profesional di kalangan dosen. Dari 60 judul buku ajar yang lolos seleksi akan diajukan *International Standard Book Number* (ISBN) dan ditanggung biaya cetak sebanyak 100 eksemplar.

Buku ajar tidak hanya diperuntukkan bagi mahasiswa, tetapi juga disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran saat ini, di era disrupsi teknologi. Meskipun demikian, aktivitas darma penelitian dari dosen menunjukkan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

adanya peningkatan animo dan motivasi dalam menulis melalui stimulasi yang diberikan LLDIKTI Wilayah XII dengan Program Buku Ajar.

Data menunjukkan bahwa terjadi peningkatan jumlah buku ajar yang diterbitkan sebelumnya di tahun 2019, yang faktanya lolos seleksi hanya sebanyak 19 judul buku ajar dari 17 dosen. Tahun 2020, sebanyak 50 judul buku ajar dari 49 dosen berhasil lolos seleksi dan diterbitkan. Pada 2021, LLDIKTI Wilayah XII berhasil menerbitkan 60 judul buku ajar dari 58 dosen pada 22 PTS.

Ucapan terima kasih patut dihaturkan bagi Tim Seleksi Buku Ajar yang telah memberikan penilaian serta pendampingan sesuai dengan persyaratan dalam penulisan Buku Ajar Perguruan Tinggi.

Melalui penerbitan buku ini diharapkan dapat meningkatkan minat dosen dalam penulisan buku ajar, yang berdampak pada peningkatan publikasi ilmiah, peningkatan akreditasi program studi dan/atau institusi demi memperkaya wawasan ilmiah bagi dosen dalam proses belajar-mengajar, dan sekaligus sebagai sumber belajar bagi mahasiswa.

Semoga bermanfaat.

Ambon, Desember 2021

Dr. Muhammad Bugis, S.E., M.Si.



PRAKATA

Alhamdulillah syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayah bagi penulis dalam menyelesaikan penulisan Buku Ajar *Planktonologi* edisi revisi.

Buku ajar edisi revisi ini disusun dengan melakukan penambahan dan perubahan dari buku ajar sebelumnya. Buku Ajar *Planktonologi* dapat digunakan sebagai buku panduan oleh mahasiswa jenjang pendidikan S1 pada program studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan.

Planktonologi merupakan ilmu yang menelaah tentang kehidupan plankton sebagai organisme mikroskopis di perairan, menguraikan karakteristik dan klasifikasinya, mendeskripsikan cara mengoleksi, dan menganalisis serta peranannya di perairan dan budidaya.

Buku ajar ini disusun dengan merangkum bahan bacaan yang bersumber dari buku, jurnal, artikel, serta hasil penelitian. Semoga buku ajar ini menambah wawasan keilmuan di bidang perikanan dan kelautan bagi mahasiswa serta semua pihak yang membutuhkan. Demi kesempurnaan buku ini, kritik dan saran sangat dibutuhkan.

Ambon, Januari 2023

Penulis

Buku ini tidak diperjualbelikan.



UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Kepala Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah XII Maluku dan Maluku Utara yang telah memfasilitasi terbitnya Buku Ajar *Planktonologi* edisi sebelumnya serta Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang menerbitkan edisi revisi melalui Program Akuisisi.

Penulis juga mengucapkan terima kasih atas dukungan keluarga, terkhusus suami (Rochman Subiyanto) dan anak-anak (Zidane Indra Rachmadhy dan Arya Raditya Dwiardhana), serta semua pihak yang memberikan saran dan masukan sehingga terselesaikannya buku ini. Buku ini penulis persembahkan kepada mendiang kedua orang tua, suami dan anak-anak, serta dunia pendidikan. Semoga buku ini memberikan banyak manfaat, khususnya bagi mahasiswa fakultas perikanan dan ilmu kelautan serta pembaca umum.

Ambon, Januari 2023

Penulis

Buku ini tidak diperjualbelikan.



TINJAUAN MATA KULIAH

Deskripsi Mata Kuliah

: Planktonologi merupakan mata kuliah yang menjelaskan tentang komunitas plankton, peranan plankton mengutungkan maupun merugikan, serta studi kuantitatif plankton di lingkungan perairan.

Kegunaan

: Mata kuliah ini merupakan mata kuliah wajib program studi Manajemen Sumberdaya Perairan dan akan bermanfaat bagi mahasiswa dalam pengelolaan kualitas perairan serta pemanfaatan sumber daya perairan yang memanfaatkan plankton sebagai makanannya.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Standar Kompetensi : Mahasiswa mampu mengidentifikasi plankton, mengetahui mekanisme fotosintesis dan gejala alam yang berhubungan dengan plankton (HAB dan *red tide*), migrasi vertikal zooplankton, serta menjelaskan peranan plankton di perairan dan budi daya.

Uraian Bahan Kajian/Materi : Bab I Komunitas Umum Plankton, meliputi pengertian plankton, karakteristik plankton, dan klasifikasi plankton.

Bab II Komunitas Fitoplankton, meliputi gambaran umum fitoplankton, kelas Diatom/Bacillariophyceae, kelas Dinoflagellata/Dinophyceae, kelas Chyanophyceae, kelas Coccolithophore, kelas Chlorophyceae, kelas Silicoflagellata, dan kelas Eugleonophyceae.

Bab III Fotosintesis dan Siklus Nutrien, meliputi siklus fosfor, siklus nitrat, ketersediaan fosfor, dan nitrat di perairan.

Bab IV Komunitas Zooplankton, meliputi gambaran umum zooplankton, reproduksi dan siklus hidup zooplankton, klasifikasi zooplankton, peranan zooplankton dalam jaring-jaring makanan di laut, faktor lingkungan yang memengaruhi zooplankton.

Bab V Komunitas Holoplankton, meliputi gambaran umum holoplankton dan kelompok holoplankton.

Bab VI Komunitas Meroplankton, meliputi gambaran umum meroplankton, kelompok meroplankton, dan faktor lingkungan yang memengaruhi meroplankton.

- Bab VII Pengelompokan dan Daya Apung, meliputi pengelompokan plankton dan mekanisme mengapung.
- Bab VIII Distribusi Plankton, meliputi distribusi zooplankton, faktor lingkungan yang memengaruhi distribusi plankton, migrasi vertikal harian, dan migrasi vertikal musiman.
- Bab IX *Red Tide*, meliputi mekanisme *red tide*, penyebab *red tide*, jenis-jenis plankton penyebab *red tide*, dan dampak *red tide*.
- Bab X Metode Sampling dan Studi Kuantitatif, meliputi koleksi plankton, pengawetan sampel, dan menganalisis sampel.
- Bab XI Peranan Plankton di Bidang Perikanan, meliputi peranan plankton di perairan dan budi daya.

Petunjuk Bagi
Mahasiswa

- :
1. Membaca buku ajar ini dengan saksama.
 2. Pada akhir setiap bab, buku ajar ini dilengkapi dengan Tes Formatif yang harus didiskusikan dan diselesaikan sesuai petunjuk yang diberikan.
 3. Mahasiswa selain membaca buku ajar ini, juga harus membaca buku rujukan yang berhubungan dengan plankton.
 4. Konsultasikan kepada dosen mata kuliah, jika ada masalah dengan materi kuliah ini.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



BAB I

KOMUNITAS

UMUM PLANKTON

PENDAHULUAN

Pokok bahasan ini memperjelas tentang pengertian plankton, karakteristik umum plankton, dan klasifikasi plankton. Plankton berperan penting di perairan sebagai sumber kehidupan bagi organisme lain pada tingkat trofik yang lebih tinggi dan fase hidup berbagai kehidupan di perairan diawali sebagai plankton. Berbagai bentuk morfologinya merupakan ciri khusus yang dapat digunakan sebagai dasar identifikasi.

Pemahaman tentang pokok bahasan ini bermanfaat untuk melengkapi pengetahuan mahasiswa tentang keragaman organisme plankton di perairan.

CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

Setelah mempelajari komunitas umum plankton, mahasiswa diharapkan dapat menafsirkan pengertian plankton, menganalisis karakteristik umum plankton, dan mengelompokkan atau mengklasifikasi plankton, serta dapat memprediksi tentang kehidupan plankton.

SUBCAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

1. Mahasiswa mampu menafsirkan pengertian plankton serta pentingnya plankton di perairan.
2. Mahasiswa mampu menganalisis karakteristik umum plankton di perairan.
3. Mahasiswa mampu mengelompokkan plankton berdasarkan cara memperoleh makanan, ukuran, habitat, distribusi kedalaman, ketersediaan nutrisi, toleransi terhadap cahaya, suhu, dan salinitas.

PETUNJUK BAGI MAHASISWA

Sebelum mempelajari materi pada bab ini, mahasiswa diharapkan sudah mempelajari mata kuliah biologi, biologi laut, dan ekologi perairan.

A. Pengertian Plankton

Plankton adalah organisme yang hidup melayang, mengapung dalam air dan tidak dapat bergerak atau pergerakannya sangat sedikit serta sangat dipengaruhi oleh gerakan air, seperti arus sehingga terhanyut. Plankton memiliki keanekaragaman jenis dan kepadatan yang sangat besar dalam ekosistem perairan. Plankton pertama kali dikemukakan oleh seorang ahli berkebangsaan Jerman, yaitu Victor Hansen, pada tahun 1887. Istilah plankton berasal dari bahasa Yunani (*planktos* = menghanyut atau mengembara).

Beberapa definisi tentang plankton, yaitu

- 1) organisme yang terdiri dari tumbuhan dan hewan, yang hidupnya mengapung, mengambang, atau melayang di dalam air yang kemampuan renangnya sangat terbatas sehingga selalu dipengaruhi gerakan air seperti arus;
- 2) organisme pelagik yang sangat mudah hanyut oleh gerakan air, seperti arus.

Dalam perairan, plankton terdiri dari dua jenis, yaitu plankton tumbuhan dan plankton hewan. Plankton tumbuhan disebut fitoplankton dan plankton hewan disebut zooplankton. Fitoplankton merupakan produsen primer dan keberadaannya dalam perairan sangat penting. Menurut Sachlan (1982), Meadows dan Campbell (1993), dan Sumich (1999), fitoplankton adalah organisme berklorofil yang pertama ada di dunia dan sumber makanan bagi konsumen primer, yaitu zooplankton, serta organisme perairan lainnya. Hal ini menyebabkan populasi zooplankton maupun populasi konsumen yang lebih tinggi tingkat trofiknya mengikuti dinamika populasi fitoplankton.

Plankton memiliki arti penting di perairan karena merupakan dasar dari kehidupan, di mana fitoplankton yang mengandung klorofil menyerap semua cahaya matahari untuk melakukan proses fotosintesis dan hasil fotosintesis tersebut ditransfer ke semua komunitas laut yang lain. Sebagian besar fauna perairan mengawali kehidupannya sebagai plankton, yaitu kelompok nekton dan bentos.

B. Karakteristik Plankton

Plankton cenderung mempunyai warna yang transparan atau sedikit berwarna. Plankton berpigmen dan berklorofil bagi kelompok fitoplankton, antara lain

- 1) **Cyanobacteria**, klorofil a, b-carotene, lutein, myxoxanthophyll, mixoxanthin, oscillaxanthin, ecinenone, phycocyanin, dan phycoerythrin.
- 2) **Chlorophyta**, klorofil a, b, a dan b-carotene, g-carotene, lutein, zeaxanthin, flavoxanthin, violaxanthin, neoxanthin.
- 3) **Xanthophyta**, klorofil a, b-carotene, fucoxanthin, diodinoxanthin, diatoxanthin, violaxanthin, neoxanthin.
- 4) **Chrysophyta**, klorofil a, c, b-carotene, fucoxanthin, lutein, neufucoxanthin, diodinoxanthin, diatoxanthin, dan violaxanthin.
- 5) **Bacillariophyta**, klorofil a, c, b-carotene, e-carotene, fucoxanthin, neufucoxanthin, diodinoxanthin, dan diatoxanthin.

- 6) **Chryptophyta**, klorofil a, c, a-carotene, e-carotene, alloxanthin, monodoxanthin, crocoxanthin, phycoecyanen, dan phycoerythrin.
- 7) **Dinophyta**, klorofil a, c, b-carotene, fucoxanthin, dinoxanthin, peridinin, dan neoperidinin.
- 8) **Euglenophyta**, klorofil a, b, a dan b-carotene, neoxanthin, astaxanthin, dan etinenone.
- 9) **Prasinophyta**, klorofil a, b, a, b dan g-carotene, lutein, zeaxanthin, violaxanthin, dan siphonoxanthin.
- 10) **Haptophyta**, klorofil a, c, g-carotene, e-carotene, fucoxanthin, neofucoxanthin, diodinoxanthin, dan diatoxanthin.

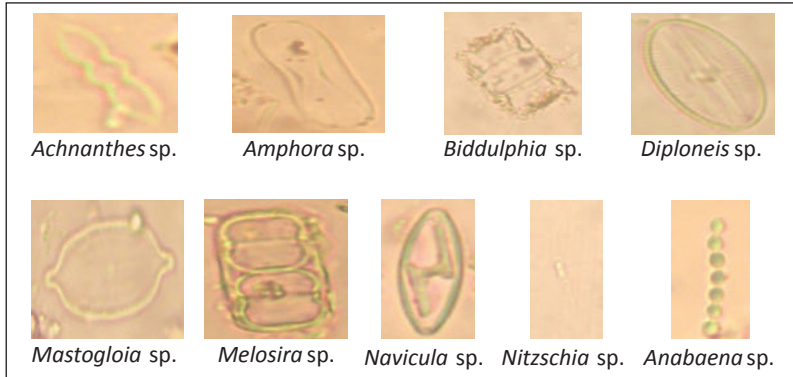
C. Klasifikasi Plankton

Plankton dapat dibagi berdasarkan cara memperoleh makanan, habitat, penyebaran di laut, ukuran, dan ketersediaan nutrien di perairan.

- 1) Berdasarkan cara memperoleh makanan terbagi dua:
 - a) Fitoplankton (autotrof)

Hutabarat dan Evans (1985) menyatakan bahwa fitoplankton merupakan tumbuhan air berukuran sangat kecil dan hidup melayang di dalam air. Dalam ekosistem perairan, fitoplankton mempunyai peranan sangat penting, sama pentingnya dengan peranan tumbuhan di ekosistem daratan. Fitoplankton sebagai produsen utama (*primary producer*) merupakan sumber zat-zat organik dalam ekosistem perairan. Fitoplankton membuat ikatan-ikatan organik kompleks dari bahan organik sederhana melalui proses fotosintesis, seperti tumbuhan hijau yang lain.

Fitoplankton terbagi dalam lima divisi, yaitu Cyanophyta, Cryso-phyta, Pyrrophyta, Chlorophyta, dan Euglenophyta. Semua kelompok fitoplankton ini dapat hidup di air tawar dan air laut, kecuali Euglenophyta yang hanya hidup di perairan tawar (Sachlan, 1982).



Sumber: Padang (2009)

Gambar 1.1 Beberapa Jenis Fitoplankton

Selanjutnya, Nontji (2008) mengemukakan bahwa fitoplankton yang berhasil ditangkap dengan plankton net standar (no. 25) adalah fitoplankton yang berukuran $\geq 20 \mu\text{m}$. Diatom, Dinoflagellata, dan alga biru (Cyanophyceae) merupakan tiga kelompok utama fitoplankton yang sering tertangkap dengan plankton net.

b) Zooplankton (heterotrof)

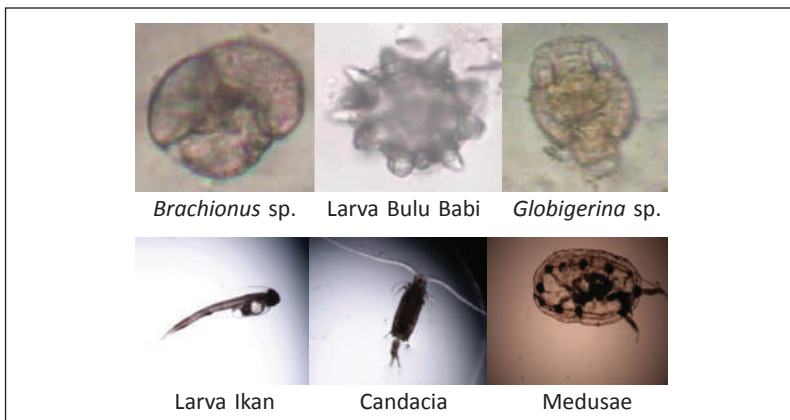
Plankton hewan atau zooplankton mempunyai kemampuan bergerak yang terbatas dengan cara berenang atau melakukan migrasi secara vertikal, di mana zooplankton bermigrasi menuju dasar perairan pada siang hari. Migrasi zooplankton juga disebabkan oleh faktor konsumen (*grazing*/pemangsaan), yaitu mendekati fitoplankton sebagai mangsa dan pengaruh gerakan angin yang menyebabkan terjadinya *upwelling* atau *downwelling* (Sumich, 1999).

Zooplankton sebagai plankton hewan terbagi atas dua, yaitu 1) kelompok zooplankton sejati atau holoplankton, yaitu zooplankton yang selamanya hidup sebagai plankton seperti Protozoa dan Entomostraca dan 2) kelompok zooplankton sementara atau meroplankton, yaitu hewan yang fase hidupnya sebagai plankton hanya sebagian saja pada stadia-stadia tertentu, seperti larva atau juvenil dari hewan averte-

brata, yaitu Crustacea, Coelenterata, Molusca, Annelida, dan Echinodermata (Sachlan, 1982) juga larva ikan.

Zooplankton ini merupakan makanan bagi nekton dan bentos. Crustacea merupakan kelompok zooplankton yang mempunyai peranan sangat penting dalam ekosistem perairan. Crustacea terbagi dua kelompok, yaitu Entomostraca (kelompok udang-udangan tingkat rendah) dan Malacostraca (kelompok udang-udangan tingkat tinggi). Perbedaan Entomostraca dan Malacostraca yaitu kelompok Malacostraca semua stadia larva, seperti Nauplius, Zoea, Mysis, dan juvenil, merupakan meroplankton, sedangkan Entomostraca merupakan holoplankton atau zooplankton sejati di semua lingkungan perairan, baik tawar maupun laut. Entomostraca terdiri dari Cladocera, Ostracoda, Copepoda, dan Cirripedia. Copepoda merupakan kelompok Entomostraca yang mendominasi ekosistem perairan dengan populasi dapat mencapai 70%–90% dan bersifat selektif konsumen (Meadows & Campbell, 1993).

Zooplankton sebagai konsumen primer dalam rantai makanan memiliki peranan penting dalam ekosistem perairan darat maupun laut karena merupakan makanan utama dan sangat digemari oleh nekton dan organisme perairan pada tingkat trofik di atasnya.



Sumber: Padang (2010, 2014); Adrianz (2013)

Gambar 1.2 Beberapa Jenis Zooplankton

Buku ini tidak diperjualbelikan.

- 2) Berdasarkan habitat, plankton terbagi tiga:
 - a) Plankton oseanik, kelompok plankton yang hidup di perairan laut lepas atau samudera.
 - b) Plankton neritik, kelompok plankton yang hidup di perairan pantai/neritik, biasanya didominasi oleh meroplankton.
 - c) Limnoplankton, kelompok plankton yang hidup pada perairan darat atau tawar seperti sungai, danau, rawa, tambak dan kolam

- 3) Berdasarkan penyebaran menurut kedalaman
 - a) Pleuston, kelompok plankton yang hidup di bagian atas permukaan air atau mengapung sehingga dipengaruhi juga oleh gerakan angin selain arus. Contohnya *Physalia* dan *Velella*.
 - b) Neuston, kelompok plankton yang hidup pada beberapa milimeter di bawah lapisan permukaan air. Contohnya Protozoa dan beberapa jenis plankton.
 - c) Plankton epipelagic, kelompok plankton yang hidup pada perairan dengan kedalaman kurang dari 300 m.
 - d) Plankton mesopelagic, kelompok plankton yang hidup pada perairan 300–1000 m.
 - e) Plankton bathypelagic, kelompok plankton yang hidup pada perairan dengan kedalaman antara 1000–3000 m.
 - f) Plankton abyssopelagic, kelompok plankton yang hidup pada perairan dengan kedalaman lebih dari 3000–4000 m.
 - g) Plankton epibentik, kelompok plankton yang hidup pada dasar perairan atau melekat dengan dasar perairan, yaitu
 - (1) Epiphytic, kelompok plankton yang hidup dan melekatkan diri pada tumbuhan lain yang berukuran lebih besar di perairan;
 - (2) Epipsamic, kelompok plankton yang hidup dan melekat pada pasir;
 - (3) Epipellic, kelompok plankton yang hidup dan melekat pada permukaan tanah liat (*mud*) atau sedimen;
 - (4) Endopellic, kelompok plankton yang hidup dan melekat dalam rongga tanah liat (*mud*) atau sedimen;

- (5) Epilithic, kelompok plankton yang hidup dan melekat pada permukaan batuan;
 - (6) Endolithic, kelompok plankton yang hidup dan melekat di dalam rongga batuan pada dasar perairan;
 - (7) Epizoic, kelompok plankton yang hidup dan melekat pada tubuh hewan umumnya hewan avertebrata;
 - (8) Fouling, kelompok plankton yang hidup dan melekat pada benda-benda yang keras yang terdapat di substrat atau dasar perairan.
- 4) Berdasarkan ketersediaan nutrisi di perairan
 - a) Plankton eutrofik, plankton pada daerah dengan konsentrasi nutrisi yang tinggi.
 - b) Plankton mesotrofik, plankton pada daerah dengan konsentrasi nutrisi sedang.
 - c) Plankton oligotrofik, plankton pada daerah dengan konsentrasi nutrisi yang rendah.
 - 5) Berdasarkan toleransi terhadap cahaya
 - a) Plankton euryfotik, plankton yang dapat bertoleransi terhadap kisaran intensitas cahaya yang tinggi.
 - b) Plankton stenofotik, plankton yang dapat bertoleransi terhadap kisaran intensitas cahaya yang rendah.
 - 6) Berdasarkan toleransi terhadap salinitas
 - a) Plankton euryhaline, plankton yang dapat beradaptasi terhadap salinitas yang tinggi.
 - b) Plankton stenohaline, plankton yang dapat beradaptasi terhadap salinitas yang rendah.
 - 7) Berdasarkan toleransi terhadap temperatur
 - a) Plankton eurythermal, plankton yang dapat bertoleransi terhadap kisaran temperatur yang tinggi.

- b) Plankton stenothermal, plankton yang dapat bertoleransi terhadap kisaran temperatur yang rendah.

RANGKUMAN

1. Plankton terbagi atas plankton tumbuhan dan plankton hewan, yang hidupnya sangat dipengaruhi oleh gerakan air.
2. Plankton memiliki peranan penting dalam rantai makanan maupun awal kehidupan bagi organisme perairan.
3. Plankton dapat diklasifikasikan berdasarkan cara memperoleh makanan, ukuran, habitat, ketersediaan nutrisi, serta toleransi terhadap suhu, cahaya, dan salinitas
4. Plankton memiliki warna yang transparan, berpigmen, dan memiliki klorofil bagi fitoplankton.

TES FORMATIF

1. Rumuskanlah pengertian plankton dan peranannya di perairan!
2. Plankton terbagi dua, yaitu fitoplankton dan zooplankton, karakteristikkan perbedaan antara kedua kelompok plankton!
3. Bandingkan kehidupan plankton secara bentuk dan pelagik!

TINDAK LANJUT

1. Jika mahasiswa belum mampu menjawab dengan baik (<50%), dianjurkan mengulang mempelajari Bab I.
2. Apabila mahasiswa dapat menjawab semua pertanyaan dengan baik, dapat melanjutkan pada bab berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianz. (2013). *Komposisi dan kepadatan zooplankton di Teluk Ambon* [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Darussalam.
- Hutabarat, S., & Evans, S. M. (1985). *Pengantar oseanografi*. UI Press.
- Meadows, P. S., & Campbell, J. I. (1993). *An introduction to marine science* (2nd Edition). Halsted Press.
- Nontji, A. (2008). *Plankton laut*. LIPI Press.
- Padang, A. (2009). *Struktur komunitas diatom bentik dan hubungannya dengan karakteristik sedimen di Teluk Ambon Dalam* [Tesis tidak diterbitkan]. Universitas Pattimura.
- Padang, A. (2010). *Struktur komunitas diatom bentik pada ekosistem lamun* [Laporan penelitian mandiri, tidak diterbitkan].
- Padang, A. (2014). *Pemanfaatan diatom bentik sebagai makanan teripang dalam rangka pengembangan usaha budidaya teripang* [Laporan Penelitian Hibah Bersaing, tidak diterbitkan].
- Sachlan, M. (1982). *Planktonologi*. Universitas Diponegoro.
- Sumich, J. L. (1999). *An introduction to the biology of marine life*. WBC/McGraw Hill.



BAB II

KOMUNITAS FITOPLANKTON

PENDAHULUAN

Pokok bahasan ini mengarakteristikkan tentang gambaran umum fitoplankton dan beberapa kelas fitoplankton (Diatom, Dinoflagellata/ Dinophyceae, Cyanophyceae, Coccolithophore, Slicoflagellata, Chlorophyceae, dan Euglenophyceae).

Pemahaman tentang pokok bahasan ini bermanfaat untuk melengkapi pengetahuan mahasiswa tentang keragaman organisme fitoplankton di perairan dengan berbagai karakteristiknya.

CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

Setelah mempelajari komunitas fitoplankton, mahasiswa diharapkan dapat menganalisis tentang keragaman fitoplankton serta peranannya di perairan.

SUBCAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

1. Mahasiswa mampu mengarakteristikkan tentang gambaran umum fitoplankton.

2. Mahasiswa mampu membandingkan kelas Diatom ordo Pennales dan Centrales.
3. Mahasiswa mampu mengidentifikasi kelas Dinoflagellata/Dinophyceae
4. Mahasiswa mampu mengidentifikasi kelas Cyanophyceae, Silicoflagellata, Coccolithophore, Chlorophyceae, dan Eugeleophyceae.

PETUNJUK BAGI MAHASISWA

Sebelum mempelajari materi pada bab ini, mahasiswa diharapkan sudah menguasai materi bab sebelumnya.

A. Gambaran Umum Fitoplankton

Fitoplankton terdiri dari alga bersel tunggal dengan bentuk yang sederhana serta sering ditemukan dalam bentuk koloni. Fitoplankton disebut organisme autotrof karena dapat membuat sendiri makanannya melalui proses fotosintesis. Fitoplankton sering disebut produsen primer di laut. Fitoplankton dapat berfotosintesis karena mengandung klorofil.

Fitoplankton subur di perairan muara sungai karena adanya pasokan unsur hara dari daratan jika dibandingkan perairan lepas pantai/oseanik yang tidak terlalu subur, kecuali terjadi mekanisme *upwelling* sehingga terjadi pengayaan unsur hara yang ikut naik oleh pergerakan air. Lalli dan Parsons (1997) serta Levinton (1995) memperkirakan bahwa produktivitas primer di bumi sebesar 40% disumbangkan oleh fitoplankton karena 72% bagian bumi ditutupi lautan, sedangkan produktivitas primer di laut sebesar 90% disumbangkan oleh fitoplankton, sisanya oleh tumbuhan perairan yang lain.

Distribusi fitoplankton luas di semua perairan, baik laut maupun darat. Di wilayah laut, distribusinya meliputi perairan neritik sampai oseanik, sedangkan di darat pada semua wilayah perairan darat, seperti sungai, danau, kolam, tambak, dan rawa. Distribusi fitoplankton di wilayah pantai atau neritik cukup tinggi, sedangkan pada daerah

oseanik dibatasi oleh zona fotik (zona tempat intensitas cahaya masih bisa ditemukan).

Zona fotik pada perairan neritik hanya beberapa meter sedangkan zona fotik pada perairan oseanik bisa mencapai 150–200 m. Kedalaman zona fotik pada perairan neritik dipengaruhi oleh pasokan sedimen dari daratan karena adanya pengaruh wilayah daratan sehingga memengaruhi kecerahan perairan terutama pada musim hujan, sedangkan perairan oseanik jauh dari pengaruh sedimen sehingga kecerahan perairan maksimal sampai kedalaman tempat cahaya masih bisa ditemukan.

Spesies fitoplankton teridentifikasi sebanyak 50.000 jenis (Round & Crawford, 1984) yang terbagi atas 14 kelas (Tabel 2.1), di mana ada

Tabel 2.1 Kelas Fitoplankton di Perairan

Kelas	Nama Umum	Area Dominan
Cyanophyceae	<i>Blue green algae</i>	Perairan tropik
Rhodophyceae	Alga merah	Perairan dingin
Cryptophyceae	Cryptomonas	Neritik
Chrysophyceae	Chrysomonas	Neritik
Silicoflagellata	Silicoflagellata	Perairan dingin
Bacillariophyceae	Diatom	Semua perairan pantai
Raphidophyceae	Chloromonas	Perairan payau
Xanthophyceae	Alga hijau kuning	-
Eustigmatophyceae	-	Estuari
Prymnesiophyceae	Coccolithophora	Oseanik
	Prymnesiomonas	Neritik
Euglenophyceae	Eugleno	Neritik
Prasinophyceae	Prasinomonas	Semua perairan
Chlorophyceae	Alga hijau	Neritik
Pyrrophyceae (Dinophyceae)	Dinoflagellata	Semua perairan hangat

Sumber: Huliselan dkk. (2006)

beberapa kelas yang dominan di perairan, yaitu Diatom, Dinophyceae, Coccolithophore, dan Cyanophyceae.

B. Kelas Diatom/Bacillariophyceae

Diatom secara harfiah berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata, yaitu *dia* yang berarti ‘*through*’ (melalui) dan *tomos* yang berarti ‘*cutting*’ (memotong). Diatom merupakan fitoplankton yang paling sering ditemui dan merupakan kelas terbesar. Nontji (2008) mengemukakan bahwa Diatom/Bacillariophyceae di dunia diperkirakan sebanyak 1.400–1.800 jenis serta sering disebut *jewel of the sea*, *marine pasture*, dan *invisible forest*.

Bentuk selnya berupa empat persegi panjang, lingkaran, segitiga, linier/agak lurus, bulan sabit, dan batang. Struktur sel dibentuk oleh silika dan dinding selnya disebut frustula. Kelas Diatom merupakan fitoplankton bersel tunggal atau uniseluler juga ada yang berbentuk rantai/koloni atau multiseluler. Diatom memiliki klorofil dan mampu berfotosintesis, di mana kontribusi Diatom dari keseluruhan produksi primer di laut diperkirakan sebesar 45%.

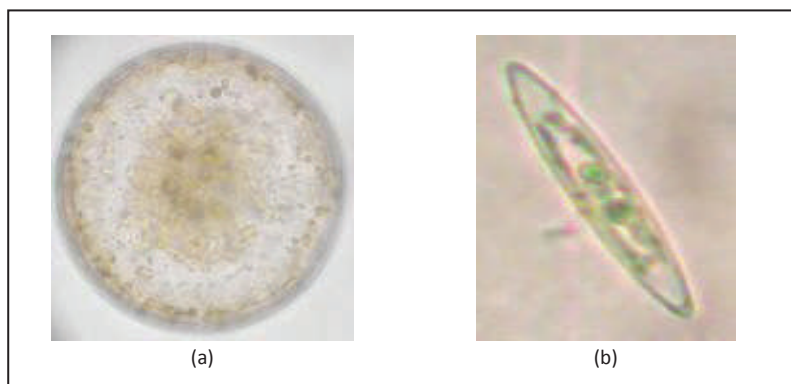
Diatom berukuran 2–1.000 mm bahkan ada yang sampai 2.000 mm, misalnya *Ethmoidiscus* sp. dan memiliki pigmen karotenoid yang memberikan warna kuning kecokelatan pada sel tersebut (Vashista dkk., 2002). Lalli dan Parsons (1997), Huliselan dkk. (2006), dan Nontji (2008) mengemukakan bahwa Diatom secara morfologi terbagi menjadi dua ordo, yaitu ordo Centrales atau disebut *Diatom centric* dan ordo Pennales atau *Diatom pinnate*.

Bentuk frustula merupakan karakteristik menyolok yang membedakan antara kedua ordo Diatom tersebut. Ordo Centrales memiliki *valve* pada frustulanya yang tersusun secara radial simetris dengan satu titik pusat, selnya berbentuk bulat, lonjong silinder, segitiga dan termodifikasi menjadi bentuk segiempat. Ordo Pennales frustulanya berbentuk simetris bilateral dengan bentuk memanjang atau berbentuk sigmoid seperti huruf “S” dan sepanjang median sel Diatom Pennales ada jalur tengah yang disebut *rafe*, kebanyakan ordo Pennales bersifat bentik (Lalli & Parsons, 1997; Huliselan dkk., 2006; Nontji, 2008).

Lalli dan Parsons (1997) juga mengemukakan bahwa ordo Centrales umumnya hidup secara planktonik dan memiliki sekitar 1.500 spesies, sedangkan ordo Pennales hidup secara bentik dan memiliki hanya sekitar 97 spesies. Diatom ordo Pennales memberikan sumbang-an yang cukup besar bagi produktivitas primer di lingkungan bentik (Padang, 2012a), Diatom bentik ordo Pennales juga banyak diman-faatkan oleh teripang pasir di wadah terkontrol (Padang dkk., 2014a, 2014b), di kurungan tancap/*pen culture* (Padang dkk., 2015; Padang dkk., 2016a; Padang dkk., 2021), serta di keramba jaring apung/*floating net cages* (Padang & Subiyanto, 2019.) Pemeliharaan teripang pasir di wadah budi daya mendapatkan teripang yang memanfaatkan Dia-tom bentik ordo Pennales lebih banyak dibandingkan ordo Centrales (Padang dkk., 2015; Padang dkk., 2016b; Padang & Subiyanto, 2019; Padang dkk., 2021).

Diatom Pennales memiliki ciri-ciri:

- 1) frustula memanjang atau berbentuk sigmoid “S” dan berben-tuk bilateral;
- 2) hidup bentik;
- 3) 97 spesies;



Keterangan: (a) Diatom Centrales dan (b) Diatom Pennales

Sumber: Padang (2009, 2014a, 2015, 2016a)

Gambar 2.1 Diatom Centrales dan Diatom Pennales

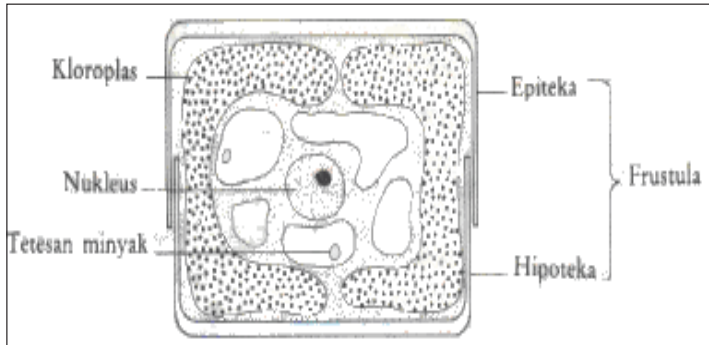
- 4) memiliki kemampuan mengikat sedimen sehingga sedimen tidak mudah tererosi khususnya sedimen halus berukuran 0,4 mm;
- 5) memiliki kemampuan mengikat sedimen karena memproduksi EPS (*extracellular polymeric substances*);
- 6) contoh: *Navicula*, *Nitzschia*, *Eutonia*, *Achnanthes*, *Gyrosigma*, *Diploneis*, *Cocconeis*, *Fragilaria*.

Ciri-ciri ordo Centrales:

- 1) frustula berbentuk radial simetris atau kosentrik pada satu titik pusat, silinder, segitiga, segi empat;
- 2) hidup planktonik;
- 3) 1500 spesies;
- 4) contoh: *Coscinodiscus*, *Chaetoceros*, *Melosira*, *Hemiaulus*, *Thalassiosira*.

Nontji (2008) mengemukakan bahwa Diatom bereproduksi secara seksual dan aseksual, di mana reproduksi aseksual sangat umum terjadi. Reproduksi aseksual terjadi ketika satu sel membelah menjadi dua sel baru, dalam proses pembelahan tersebut rangka luar atau frustula. Diatom terbagi menjadi dua katup, yaitu bagian atas (epiteka) dan bagian bawah (hipoteka). Masing-masing bagian frustula yang terpisah dari sel induk akan membentuk hipoteka dan epiteka baru pada sel anak. Frustula hipoteka yang berasal dari sel induk berubah menjadi frustula epiteka pada sel baru sehingga sel baru yang terbentuk dari hipoteka sel induk memiliki ukuran sel yang lebih kecil dibandingkan sel yang terbentuk dari epiteka sel induk (Lalli & Parsons, 1977).

Lalli dan Parsons (1997) dan Nontji (2008) mengemukakan bahwa proses pembelahan sel Diatom yang berulang-ulang merupakan penyebab terjadinya penurunan ukuran sel Diatom. Selanjutnya untuk mengembalikan ukuran sel seperti semula dilakukan reproduksi seksual. Reproduksi seksual pada ordo Centrales disebut *oogami* dan pada Pennales adalah *isogami*. Reproduksi seksual pada kedua ordo



Sumber: Sunarto (2008)

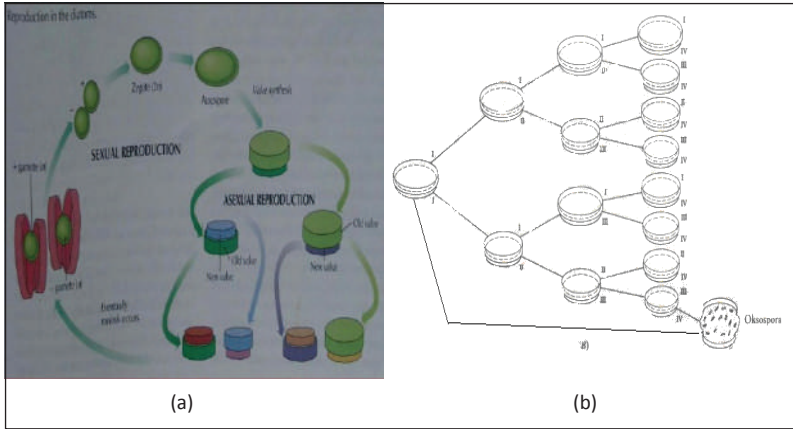
Gambar 2.2 Struktur Sel Diatom

ini memiliki sedikit perbedaan, tetapi juga memiliki persamaan, di mana pembentukan zigot diikuti dengan pembesaran ukuran sel dan selanjutnya berkembang menjadi sel vegetatif yang mempunyai ukuran mendekati maksimum (Bold & Wynne, 1985). Lalli dan Parsons (1997) mengemukakan bahwa reproduksi seksual dapat terjadi ketika Diatom dalam ukuran kritis dan tidak membutuhkan pengurangan ukuran sel sehingga akan menghasilkan sel dengan sedikit kandungan silikatnya.

Dalam bereproduksi, Diatom juga mengalami masa istirahat (*resting spore* atau *auxospore*). Masa istirahat Diatom bermanfaat dalam mempertahankan diri dari kondisi lingkungan yang buruk dan besarnya ukuran sel Diatom dapat dipertahankan. *Auxospore* terbentuk ketika protoplasma dari sel-sel yang normal menjadi terkonsentrasi dan dikelilingi oleh dinding yang keras (Huliselan dkk., 2006). Kecepatan pembelahan sel Diatom yaitu 0,5–6 kali/hari dan dapat terbentuk sejumlah satu juta sel dalam jangka waktu kurang dari tiga minggu (Nontji, 2008).

Diatom terdistribusi secara geografis pada daerah lintang tinggi, Arktik, Antarktika, kutub, ughari, neritik, dan *upwelling*, di mana hidupnya secara planktonik dan bentik, serta Diatom merupakan plankton penting di perairan samudra. Diatom terdistribusi secara luas

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Keterangan: (a) Reproduksi seksual dan aseksual; (b) Reproduksi aseksual
 Sumber: Nybakken (1988) dalam Sunarto (2008)

Gambar 2.3 Siklus Reproduksi Diatom

di lingkungan laut, air tawar, payau, rawa, teresterial, sungai, danau, dan bahkan pada permukaan sedimen (Maaruf, 2005).

Round (1971) dan Huliselan dkk. (2006) mengemukakan bahwa distribusinya sangat luas di perairan, yaitu pada daerah supratidal, intertidal, subtidal, dan estuari, tetapi terbatas secara geografis. Diatom yang penting bagi organisme fauna bentik adalah Diatom yang hidup pada sedimen, disebut Diatom bentik atau *microphytobenthos*.

Diatom bentik memiliki sifat tidak terdistribusi secara seragam dan kelimpahan komposisinya akan berubah sesuai dengan distribusi vertikal dan jarak secara horizontal (Talbot dkk., 1990; Little, 2000). Diatom bentik distribusinya dipengaruhi oleh kedalaman substrat, di mana yang hidup di permukaan substrat pantai terdistribusi sampai pada kedalaman 2 cm. Meskipun demikian, produktivitas primer yang disumbangkan oleh kelompok ini hanya pada lapisan dengan kedalaman 1,5–4,4 mm (Huliselan dkk., 2006). Sundback (1984) dan Kennish (1990) mengemukakan bahwa sebagai organisme autotrof, Diatom sangat tergantung pada cahaya dalam perairan sehingga hanya dapat hidup beberapa milimeter saja dari permukaan sedimen. Padang

Buku ini tidak diperjualbelikan.

(2010a; 2010b) mendapatkan Diatom berdistribusi pada sedimen di Teluk Ambon Dalam dan Padang (2011a) mendapatkannya pada sedimen di ekosistem lamun.

Fitoplankton Diatom hidupnya melayang di dalam kolom air secara bebas dan kebanyakan kelas ini hidup dengan cara melekat (*attached*) pada substrat yang lebih keras. Proses pelekatan Diatom pada substrat disebabkan Diatom memiliki semacam gelatin (*Gelatinous extrusion*) yang memberikan daya lekat pada benda atau substrat tempat hidupnya (Maaruf, 2005). Fitoplankton Diatom memiliki peranan dalam stabilisasi sedimen dengan mengeluarkan material yang mengandung karbohidrat yaitu EPS (*extracellular polymeric substances*) sehingga mampu mengikat sedimen agar tidak mudah tererosi (Padang, 2010b).

Selanjutnya Round (1971) dan Maaruf (2005) menyatakan bahwa selain hidup dalam sedimen (*endopelagic*), Diatom bentik juga biasa hidup pada berbagai substrat seperti batu (*epilithic*), permukaan tanah liat atau *mud* (*epipellic*), dalam tanah liat (*endopellic*), pasir (*epipsammic*), dalam batuan (*endolithic*), menempel pada tanaman (*epiphytic*), pada hewan (*epizoic*), dan melekat pada benda-benda keras yang terdapat di dasar perairan (*fouling*).

Diatom bentik akan bergerak turun ke dalam sedimen pada saat pasang dan surut di malam hari dengan tujuan menghindari pemangsa dan gangguan gelombang, sedangkan pada siang hari akan bergerak ke permukaan untuk melakukan fotosintesis (Little, 2000).

Diatom bentik umumnya didominasi oleh ordo Pennales dibandingkan ordo Centrales, sebagaimana ditemukan di Muara Sungai Musi (Muslih, 2007), di Teluk Ambon Dalam (Padang, 2009; 2010a; 2010b), di Perairan Desa Suli (Padang, 2011b), dan di perairan Desa Tulehu (Padang, 2014). Selanjutnya, Lalli dan Parsons (1997) mengemukakan bahwa *Pennate Diatom* (Pennales) umumnya hidup di dasar perairan atau bersifat bentik dan *Centrik Diatom* (Centrales) umumnya hidup melayang-layang di kolom air atau bersifat planktonik.

Raphe pada ordo Pennales menyebabkannya dapat menempel pada substrat. *Raphe* adalah struktur melintang sepanjang *valve* yang dapat mensekresi *mucilage* yang memiliki daya adhesi yang tinggi ter-

hadap substrat (Gell, 1999, dalam Muslih, 2007). Selanjutnya, Little (2000) mengemukakan bahwa umumnya Diatom bentik adalah Diatom Pennales, tetapi tidak tertutup kemungkinan Diatom Centrales juga ditemukan pada substrat.

Kehidupan Diatom sebagai plankton bentik selain pada sedimen, juga ditemukan menempel pada permukaan tumbuhan lain yang disebut perifiton. Seperti yang ditemukan Padang (2011b) pada helaian daun lamun di perairan Suli dan yang ditemukan Padang (2014) pada helaian daun lamun di perairan Tulehu, ternyata kepadatan dan komposisi Diatom yang menempel pada helaian daun lamun ditemukan lebih banyak pada bagian ujung daun lamun serta ditentukan oleh lebarnya helaian daun lamun. Keberadaan Diatom pada helaian daun lamun menyebabkan terjadinya kompetisi Diatom bentik dengan lamun dalam memanfaatkan cahaya matahari maupun nutrien.

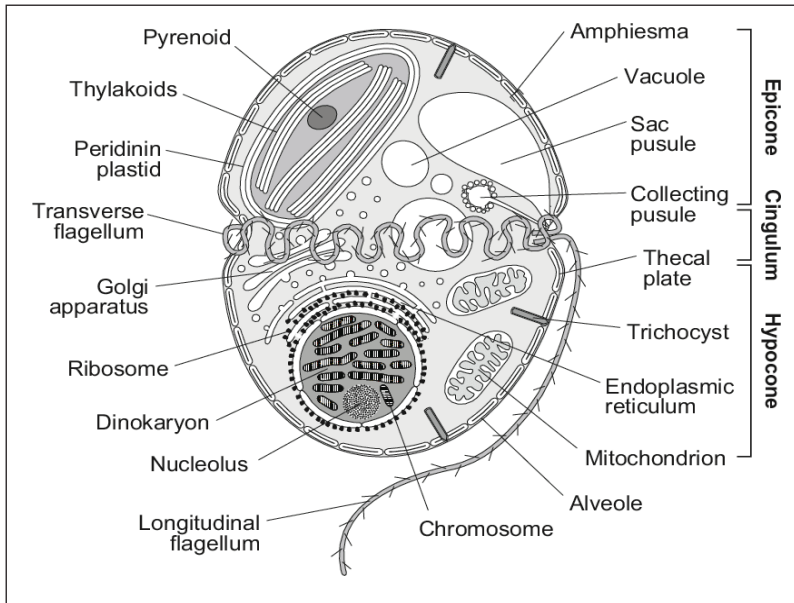
Fitoplankton kelas Diatom yang hidup secara bentik juga merupakan penyumbang produktivitas primer lingkungan bentik (Padang, 2012a) dan dimanfaatkan oleh salah satu organisme bentik, yaitu teripang pasir, sebagaimana yang ditemukan oleh Padang dkk. (2014a, 2014b, 2016); Padang, Lukman, dan Sangadji (2015); serta Padang dan Subiyanto (2019), sehingga kelas Diatom sangat penting bagi produktivitas perairan bentik maupun pelagik.

Pentingnya kelas Diatom sebagai makanan bagi organisme laut membuat ada beberapa jenis kelas ini yang dibudidayakan, yang bertujuan dijadikan pakan bagi organisme yang dibudidayakan pada fase larva, antara lain jenis *Navicula* seperti yang ditemukan oleh Padang dkk. (2013). Sebagai pakan bagi larva ikan maupun larva bentos, *Navicula* juga dapat diberikan pada pemeliharaan teripang di wadah terkontrol (Padang dkk., 2014a).

C. Kelas Dinoflagellata/Dinophyceae

Selain fitoplankton kelas Diatom, kelas Dinoflagellata juga sangat umum ditemukan di perairan laut. Dinoflagellata memiliki klorofil-a dan klorofil-c juga mengandung pigmen β -carotene, *xanthophylls*, *peridinin*, *neoperidinin*, *dinoxanthin*, *neodinoxanthin*, dan *diatoxanthin*.

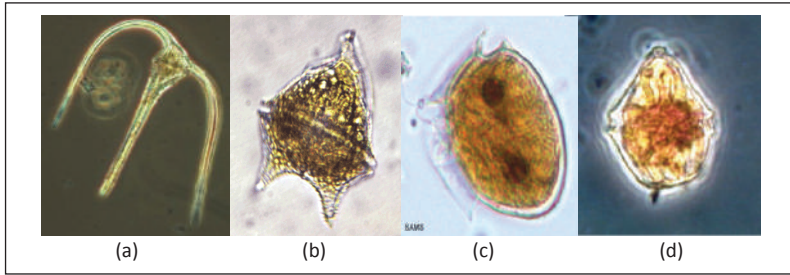
Sekitar 50% Dinoflagellata tidak berkloroplas. Selain berpigmen dan berklorofil, Dinoflagellata merupakan plankton bersel tunggal. Namun, ada beberapa yang membentuk rantai yang panjang atau *pseudo-coloni*. Dinoflagellata memiliki inti sel yang berukuran besar dengan bintik-bintik dan kloroplast berukuran kecil. Dinoflagellata memiliki spesies sebanyak 1.000–1.500 spesies dan umumnya adalah spesies yang hidup di laut, habitatnya di lingkungan oseanik dan estuari serta mendominasi perairan tropis dan subtropis. Bentuk sel kelas Dinoflagellata terdiri dari dua katup, yaitu katup bagian atas (*epicone*) dan katup bagian bawah (*hypocone*) serta dibentuk oleh selulosa.



Sumber: Gagat dkk. (2014)

Gambar 2.4 Morfologi Dinoflagellata

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Keterangan: (a) *Ceratium* sp.; (b) *Peridinium* sp.; (c) *Dinophysis* sp.; (d) *Gonyaulax* sp.

Sumber: Sunarto (2008)

Gambar 2.5 Spesies Dinoflagellata

Flagela merupakan organ untuk bergerak pada kelas Dinoflagellata, bentuknya seperti bulu cambuk. Terdapat dua jenis flagela, yaitu

- 1) *transversal flagellum* terdapat pada celah melintang dan menyebabkan sel Dinoflagellata terbagi menjadi dua bagian, yaitu *epicone* dan *hypocone*;
- 2) *longitudinal flagellum* yang berfungsi sebagai alat gerak terdapat pada celah memanjang.

Berdasarkan kebiasaan hidup dan lokasi flagelanya, Dinoflagellata terbagi dua, yaitu

- 1) *Desmokontae*, kedua flagela berada pada lokasi yang sama di bagian ujung anterior sel, misalnya *Prorocentrum*,
- 2) *Dinokontae*, kedua flagela berada pada bagian yang berbeda, di mana flagela transversal berada pada posisi melintang dari sel sedangkan flagela longitudinal terletak di bagian dalam alur yang mengitari sel, tetapi ada juga flagela yang posisinya membujur dan memanjang hingga keluar dari sel seperti ekor.

Dinoflagellata memiliki diameter berukuran 25–500 μm . Broekhuizen dan Oldman (2002) dalam Faust dkk. (2005) menyatakan Dinoflagellata rata-rata tumbuh lebih lambat pada kondisi konsentrasi nutrisi rendah dibandingkan kelompok alga yang lain. Umumnya lingkungan laut dengan turbulensi rendah dan nutrisi tinggi lebih

disukai Dinoflagellata. Dinding sel Dinoflagellata dibentuk oleh selulosa dan kelompok fitoplankton ini mampu menjadi organisme autotrof maupun heterotrof.

Berdasarkan kerangka luar/*theca*, Dinoflagellata terbagi dua sebagai berikut.

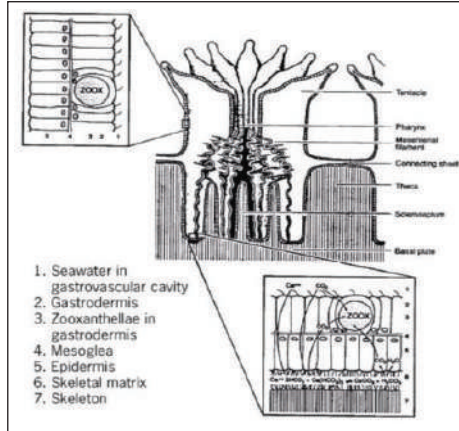
- 1) *Armored*, ber-*theca* yaitu dinding sel terbuat dari lempengan selulosa. Contoh: *Ceratium*, *Gonyaulax*, dan *Peridinium*.
- 2) *Unarmored*, tidak ber-*theca* yaitu tanpa dinding sel yang terbuat dari lempengan selulosa. Contoh: *Amphidinium*, *Gymnodinium*, dan *Gyrodinium*.

Reproduksi fitoplankton Dinoflagellata terjadi secara seksual dan aseksual. Reproduksi seksual terjadi pada beberapa spesies Dinoflagellata, sedangkan reproduksi aseksual Dinoflagellata dengan cara pembelahan sel secara sederhana, di mana sel Dinoflagellata akan terbagi menjadi dua bagian yang sama. Laju pembelahan sel sangat tergantung dengan kondisi lingkungan. Jika kondisi lingkungan optimal, laju pembelahan akan sangat tinggi.

Kista (*cyst*) adalah fase istirahat dari Dinoflagellata. Kista merupakan sel yang terbentuk dari gelatin, tidak dapat bergerak, tidak memiliki flagela, berbentuk bundar, lonjong/peridinoid, dengan atau tanpa duri, berukuran 20–80 μm . Fase kista Dinoflagellata hampir sama dengan fase *auxospora* pada kelas Diatom, di mana fase kista Dinoflagellata dan fase *auxospora* Diatom akan turun ke dasar laut dan mengendap, beristirahat tidak melakukan aktivitas pembelahan sel menunggu sampai keadaan di perairan kembali normal dengan ketersediaan nutrisi yang akan menunjang pertumbuhan kedua fitoplankton tersebut, kemudian kedua fase istirahat tersebut akan kembali tumbuh menjadi fitoplankton.

Dinoflagellata merupakan kelompok plankton yang penting di perairan karena:

- 1) merupakan salah satu produsen primer di perairan yang dimanfaatkan sebagai sumber makanan bagi organisme sekunder, seperti ditemukan oleh Padang dkk. (2014b) dalam lambung teripang;



Sumber: Muller-Parker dan D'Elia (1997)

Gambar 2.6 Simbiosis Zooxanthellae dengan Karang

- 2) merupakan penyebab terjadinya *blooming* plankton yang disebut “*red tide*” (pasang merah);
- 3) bersimbiosis dengan karang, yaitu jenis zooxanthellae.

D. Kelas Chyanophyceae

Fitoplankton ini sering disebut *blue green algae* dan sering dikelompokkan sebagai Cyanobacteria karena tidak memiliki inti sel/nukleus atau prokariotik (organisme bersel tunggal yang tidak memiliki nukleus). Chyanophyceae termasuk kelompok alga karena memiliki klorofil yang dapat berfotosintesis. Selain itu juga dikelompokkan sebagai bakteri karena tidak memiliki inti sel. Chyanophyceae mengandung klorofil a (*autotrof*) dan pigmen biru-hijau (*phycocyanin*) sehingga memberikan warna biru hijau, kuning, merah, dan violet.

Kelas ini merupakan plankton yang bersifat kosmopolit, yaitu dapat hidup di semua jenis lingkungan, seperti laut, rawa, payau, dan air tawar. Chyanophyceae berdistribusi banyak di perairan tropis dekat pantai yang dangkal; tidak memiliki nukleus dengan bentuk sel seder-

hana; dan sering membentuk koloni dan berukuran antara 1 mm untuk tipe sel tunggal hingga 100 mm untuk tipe filamen.

Jenis-Jenis Chyanopyceae

1) Bersel tunggal/uniseluler

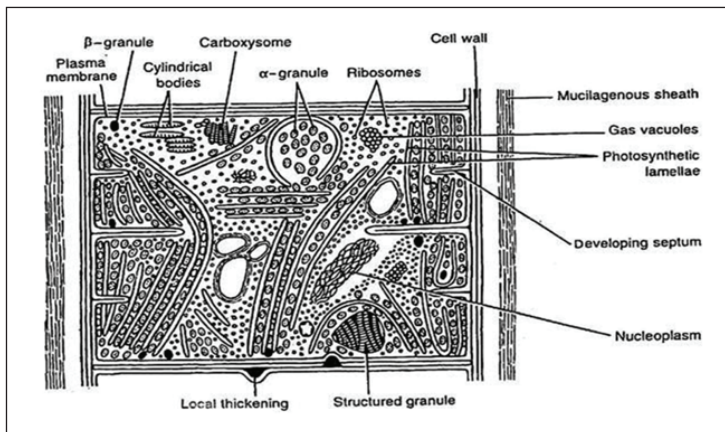
Chroococcus dan *Gloeocapsa*

2) Berkoloni

Polycystis

3) Bentuk benang/filamen

Oscillatoria, *Rivularia*, *Nostoc*.



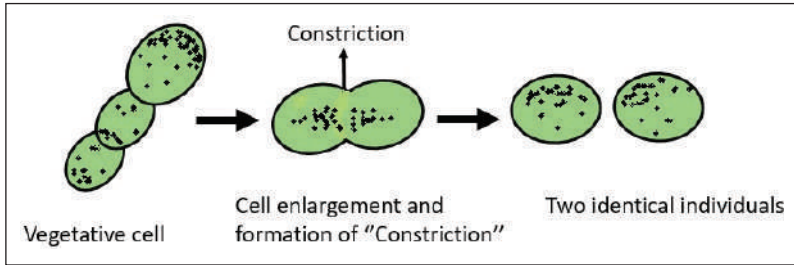
Sumber: Veluchamy dan Palaniswamy (2020)

Gambar 2.7 Struktur Sel Chyanopyceae

Reproduksi Chyanopyceae dapat dilakukan melalui beberapa cara sebagai berikut.

1) Pembelahan sel

Reproduksi Chyanopyceae dengan cara pembelahan sel menyebabkan sel langsung terbagi atau tetap membentuk koloni, misalnya *Gloeocapsa*.

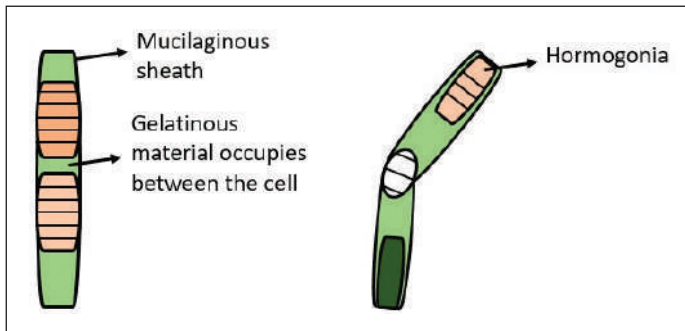


Sumber: Supriya (2022)

Gambar 2.8 Reproduksi dengan Pembelahan Sel

2) Fragmentasi

Pada Chyanophyceae yang berbentuk filamen, reproduksinya sering terjadi secara fragmentasi.

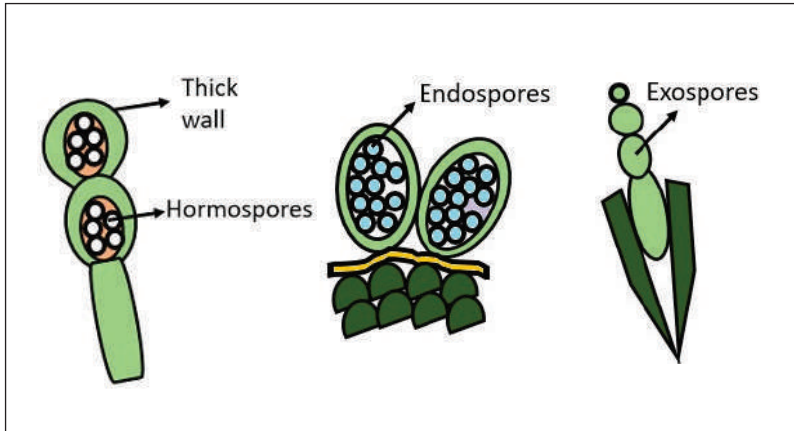


Sumber: Supriya (2022)

Gambar 2.9 Reproduksi dengan Fragmentasi

3) Reproduksi dengan pembentukan spora

Reproduksi Cyanophyceae dengan cara pembentukan spora terjadi saat lingkungan perairan kurang menguntungkan sehingga spora dapat membesar karena adanya penimbunan zat makanan.



Sumber: Supriya (2022)

Gambar 2.10 Reproduksi dengan Pembentukan Spora

Cyanophyceae memiliki beberapa peranan dalam perairan, ada yang menguntungkan dan ada juga yang merugikan.

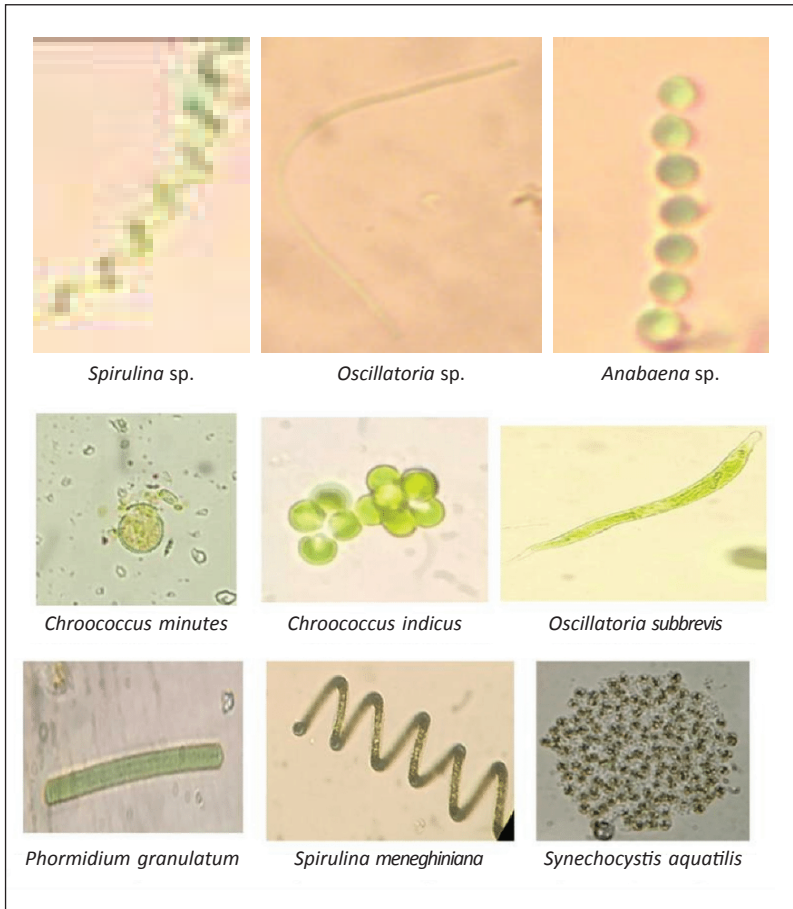
1) Menguntungkan

- a) Cyanophyceae merupakan produsen dalam rantai makanan, yang dimanfaatkan oleh organisme heterotrof seperti yang ditemukan Padang dkk. (2014b) dalam lambung teripang.
- b) Cyanophyceae mampu menfiksasi N_2 dari udara sehingga dapat menyuburkan tanah, contohnya *Gloeocapsa*, *Nostoc*, *Anabaena azollae* yang bersimbiosis dengan *Azolla pinnata* (paku air) yang hidup mengapung di permukaan perairan.
- c) Cyanophyceae dimanfaatkan sebagai bahan makanan karena mengandung protein yang tinggi misalnya *Spirulina maxima*.

2) Merugikan

Cyanophyceae menyebabkan keracunan organisme yang hidup di perairan maupun yang mengonsumsi air dari perairan tersebut, bahkan dapat menyebabkan kematian. Contohnya jenis *Anabaena flosaquae*, *Aphanizomenon* sp., dan *Microcystis aeruginosa*.

Beberapa jenis Cyanophyceae ditemukan hidup pada sedimen sebagai plankton bentik dan juga ditemukan dalam lambung teripang pasir, yaitu jenis *Oscillatoria* sp., *Anabaena* sp., dan *Spirulina* sp. (Padang, 2009; Padang, 2010a; Padang, Lukman, & Sangadji, 2015; Padang, 2016a).



Sumber: Padang (2009); Kowthaman dkk. (2019)

Gambar 2.11 Beberapa Jenis Chyanophyceae

Buku ini tidak diperjualbelikan.

D. Kelas Coccolithophore

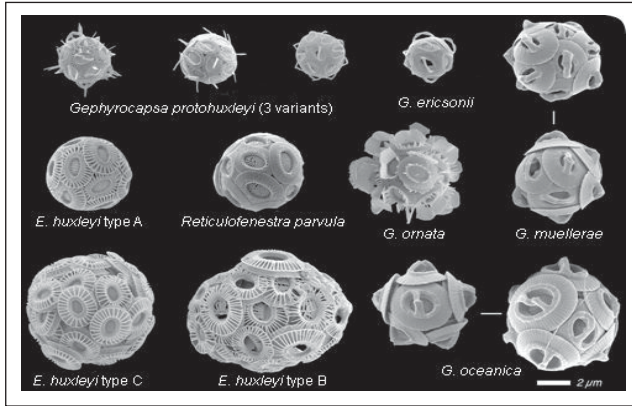
Coccolithophore merupakan anggota dari kelas Prymnesiophyceae atau Haptophyceae. Coccolithophore memiliki bentuk sel bulat/*flat*, memanjang, atau berbentuk seperti pelana kuda serta uniselular memiliki flagela sebanyak dua buah dan memiliki lempengan kalsium yang disebut *coccolith*. Ukurannya nanoplankton (<20 μm) serta teridentifikasi sebanyak 150 spesies.

Dinding sel Coccolithophore mengandung CaCO_3 sehingga berperan dalam pembentukan sedimen *biogenous* jika mengendap di dasar laut. Selanjutnya, plankton ini memiliki pigmen β -karotene, *fucoxanthin*, *diadinoxanthin*, dan *diatoxanthin* dalam selnya sehingga berwarna kuning kecokelatan atau cokelat keemasan, bahkan kadang-kadang pucat.

Apabila kondisi lingkungan mendukung, Coccolithophore dapat tumbuh meledak secara massal (*blooming*) yang dapat mencapai luas $\pm 100.000 \text{ km}^2$ dan menyebabkan laut berwarna keputih-putihan, contohnya jenis *Emiliania huxleyi*. Distribusinya pada perairan neritik dan oseanik serta dapat tumbuh dengan baik pada perairan dengan intensitas cahaya yang rendah. Kelimpahan maksimum pada kedalaman 100 m pada perairan oseanik di perairan tropis yang jernih.

Plankton ini selain sebagai pakan berbagai biota laut juga bagi organisme yang dibudidayakan, seperti ikan pada Balai Perikanan Budidaya Laut Ambon (Padang dkk., 2012b). Selain itu, di laut Coccolithophore juga berperan dalam pembentukan sedimen laut atau sedimen *Biogenous* akibat endapan CaCO_3 dari dinding selnya sehingga dapat digunakan sebagai indikator adanya minyak bumi. Di perairan Indonesia bagian timur ditemukan sebanyak 36 spesies dan melimpah saat musim timur ketika terjadi *upwelling* di Laut Banda.

Reproduksi melalui pembelahan sel secara memanjang/longitudinal, di mana cangkangnya akan terpecah/terbelah dan akan disatukan kembali menjadi satu sel baru.

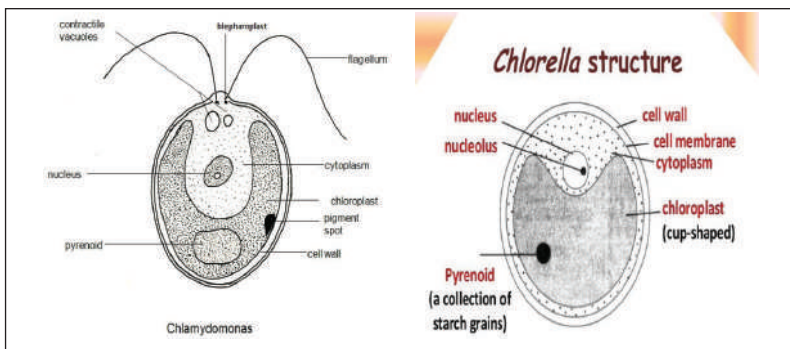


Sumber: Varma (2022)

Gambar 2.12 Beberapa Jenis Coccolithophore

E. Kelas Chlorophyceae

Plankton ini merupakan organisme uniselular, berfilamen, dan berbentuk koloni. Chlorophyceae dapat berukuran ultraplankton dan nanoplankton serta berwarna hijau terang. Kelas Chlorophyceae hidup di perairan tawar, laut, perairan payau, tanah yang lembap, serta di tempat-tempat kering. Chlorophyceae umumnya hidup dengan cara melekat diri pada batuan dan akan terlihat di permukaan perairan



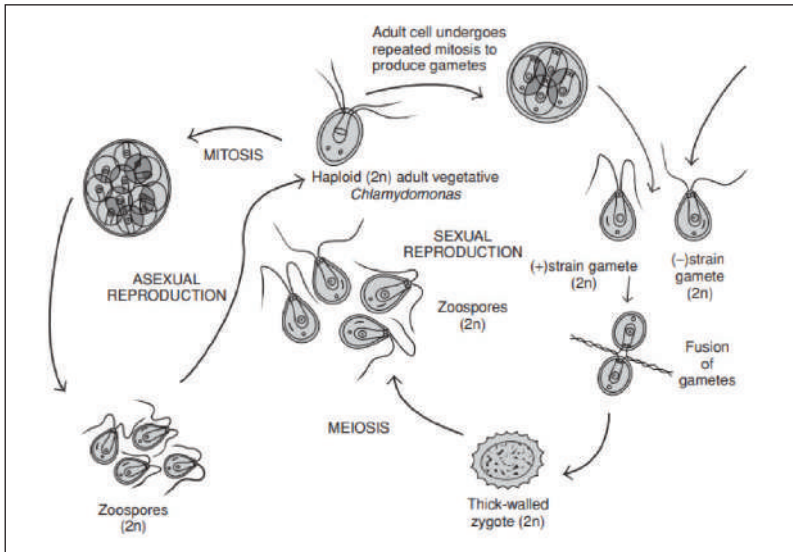
Sumber: Lecturer Notes Side (2014); IB biology topic (2020)

Gambar 2.13 Morfologi Chlorophyceae

jika air mengalami mekanisme surut serta sangat penting di perairan estuari. Kelas Chlorophyceae memiliki dua flagela yang sama panjang.

Chlorophyceae melakukan penambahan jumlah sel atau bereproduksi secara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual kelas Chlorophyceae melalui mekanisme fragmentasi, pembelahan sel, dan pembentukan sporik, dengan membentuk dua bentuk spora, yaitu a) spora yang tidak dapat bergerak (*aplanospora*), misalnya *Chlamydomonas*; dan b) spora yang dapat bergerak (*planospora*).

Reproduksi seksual Chlorophyceae terjadi dengan beberapa mekanisme, yaitu a) gamet yang bentuk dan ukurannya sama atau *isogami* di mana belum dapat dibedakan antara jantan dan betina, seperti *Gonium*, *Ulva*; b) gamet yang bentuk dan ukurannya tidak sama atau *anisogami*, seperti *Codium*, *Bryopsis*; dan c) jenis *anisogami* dengan gamet jantan yang aktif atau *oogami*, yang terdiri dari *gametangium oogonium* dan *gametangium spermatid*, seperti *Volvox* dan *Oedogonium*.

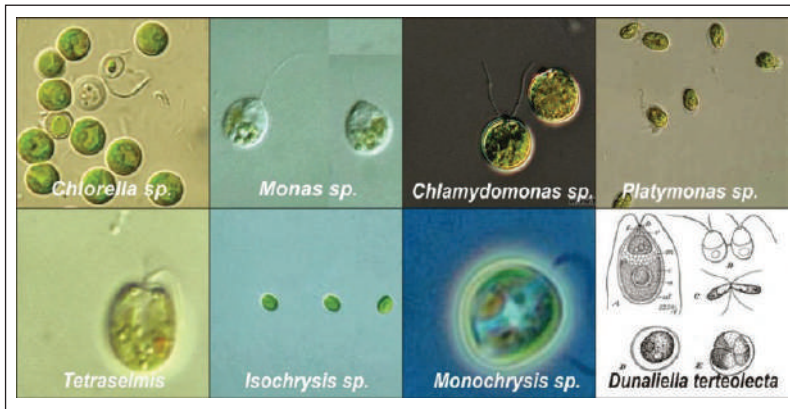


Sumber: Hogg (2005)

Gambar 2.14 Siklus Reproduksi Chlorophyceae

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Beberapa peranan penting Chlorophyceae di perairan, yaitu 1) produsen primer, khususnya di perairan darat, seperti danau, sungai, kolam; 2) bahan pangan, seperti jenis *Chlorella* dan *Volvox*, di mana *Chlorella* banyak mengandung vitamin E dalam chlorelinnya dan merupakan sumber protein, sedangkan *Volvox* dimanfaatkan sebagai sayuran, pakan alami bagi beberapa hewan laut yang dibudidayakan, seperti ikan kerapu yang dibudidayakan di Balai Perikanan Budidaya Laut Ambon menggunakan beberapa jenis kelas ini bagi organisme, seperti *Chlorella*, *Dunaliella*, dan *Tetraselmis* (Padang, La Djen, & Tuasikal, 2015; Padang dkk., 2018).



Sumber: Supriatna (2014)

Gambar 2.15. Beberapa Jenis Chlorophyceae

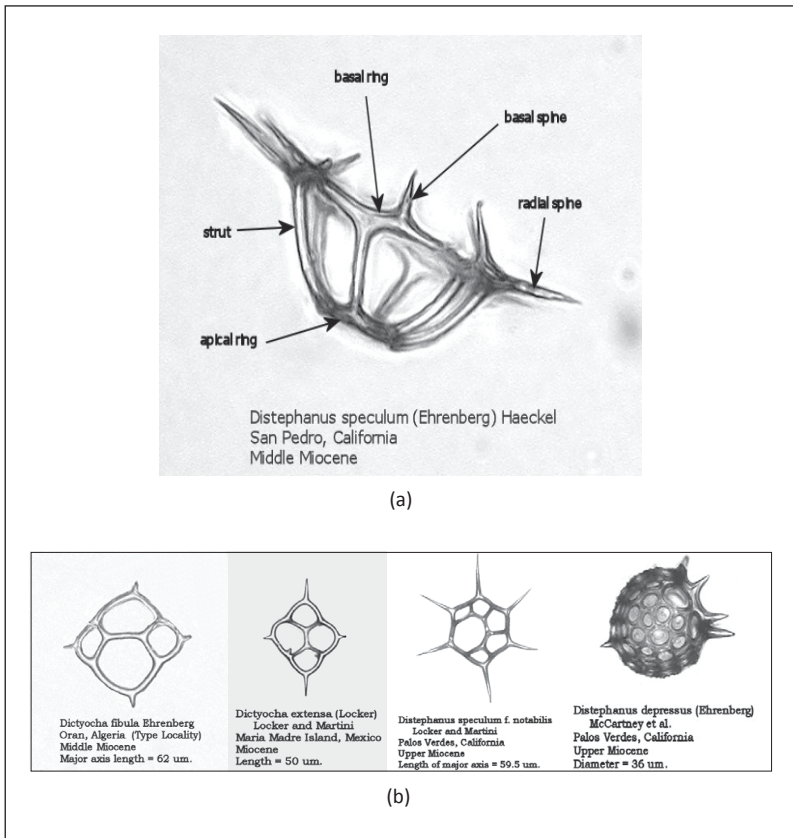
F. Kelas Silicoflagellata

Silicoflagellata termasuk dalam kelas Chrysophyceae atau alga hijau keemasan serta memiliki kerangka dinding sel yang terdiri dari SiO_2 yang ditutupi protoplast. Jumlahnya lebih sedikit dari Diatom, berukuran 10–30 μm , serta memiliki flagela tunggal. Kebanyakan Silicoflagellata merupakan tumbuhan fotosintetik karena memiliki klorofil, tetapi ada juga yang bersifat heterotrof.

Alga ini melimpah pada perairan dingin yang kaya nutrisi dan kadang-kadang melampaui biomassa fitoplankton lainnya di daerah

ugahari yang dingin. Sistem reproduksi Silicoflagellata melalui pembelahan sel secara sederhana serta terdistribusi di seluruh perairan dunia secara luas terutama pada daerah pantai atau neritik.

Silicoflagellata dapat membentuk sedimen *biogeneous* di laut karena endapan dinding selnya yang mengandung SiO_2 sehingga dapat digunakan sebagai indikator sumber daya minyak seperti kelas Coccolithophore.



Keterangan: (a) Morfologi Silicoflagellata dan (b) Jenis-Jenis Silicoflagellata

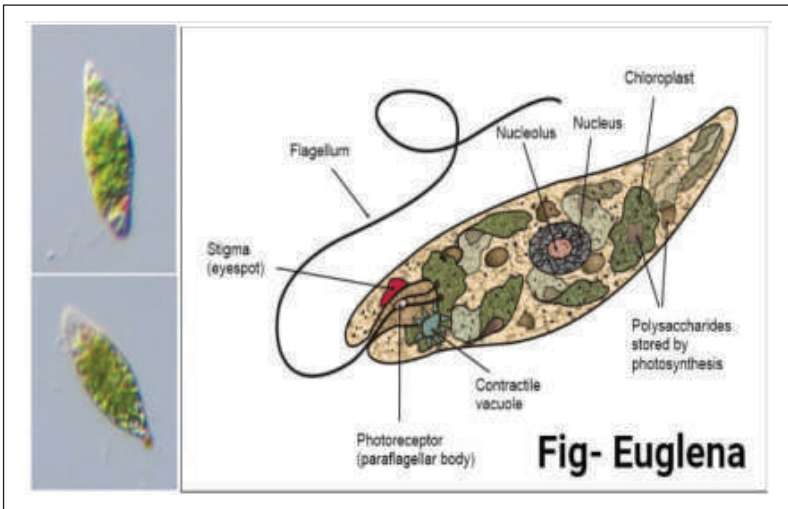
Sumber: Carter (2007, 2008)

Gambar 2.16 Silicoflagellata

G. Kelas Euglenopyceae

Kelas ini terdiri dari sel uniselular dan memiliki dua flagela dengan bentuk *fusiform*/silinder. Memperoleh makanan dengan cara saprofit (cara makan dengan menggunakan bahan organik sebagai makanannya).

Plankton ini dapat digunakan sebagai bio-indikator pencemaran (pH 1,6). Reproduksi plankton ini secara vegetatif dengan pembelahan sel binari dan distribusi pada perairan tawar dan estuari, khususnya pada daerah tercemar.



Sumber: Neupane (2022)

Gambar 2.17 Morfologi Euglenophyceae

RANGKUMAN

1. Fitoplankton merupakan alga atau tumbuhan yang dapat berfotosintesis karena mengandung pigmen klorofil.
2. Fitoplankton memiliki tiga belas kelas serta terdapat beberapa kelas yang dominan di perairan, yaitu Diatom, Dinoflagellata, Coccolithophore, dan Cyanophyceae.
3. Diatom memiliki dua ordo, yaitu Penales dan Centrales berdasarkan perbedaan morfologi selnya.
4. Euglenophyceae dan Chyanophyceae dapat digunakan sebagai indikator pencemaran karena dapat hidup pada daerah yang tercemar.
5. Diatom dan Dinoflagellata melakukan reproduksi secara seksual dan aseksual serta memiliki fase istirahat.
6. Fitoplankton merupakan produsen primer di lingkungan perairan.
7. Diatom, Coccolithophore, dan Silicoflagellata dapat membentuk sedimen *biogeneous* dan dijadikan indikator eksplorasi minyak.

TES FORMATIF

1. Bedakan empat ciri dari kedua ordo fitoplankton kelas Diatom!
2. Buatlah diagram siklus reproduksi dari Diatom, Dinoflagellata, dan Chlorophyceae!
3. Berikan dua perbedaan siklus reproduksi dari ketiga kelas di atas!
4. Fitoplankton sangat berperan penting di perairan. Buatlah rincian peranan dari fitoplankton tersebut!

TINDAK LANJUT

1. Jika mahasiswa belum mampu menjawab dengan baik (<50%), dianjurkan mempelajari kembali Bab II.

2. Apabila mahasiswa dapat menjawab semua pertanyaan dengan baik, dapat melanjutkan pada bab berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bold, H. C., & Wynne, M. J. (1985). *Introduction to the algae: Structure and reproduction*. Prentice-Hall.
- Carter, R. T. (2007). *Silicoflagellates*. Microscopy-UK. <http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artjul07/rc-silicoflag.html>
- Carter, R. T. (2008). *Silicoflagellates 2: Addenda and corrigenda*. Microscopy-UK. <http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artfeb08/rc-silicoflag2.html>
- Gagat, P., Bodył, A., Mackiewicz, P., Stiller, J.W. (2014). Tertiary plastid endosymbioses in Dinoflagellates. Dalam Löffelhardt, W. (Ed.), *Endosymbiosis* (233–290). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1303-5_13
- Hogg, S. (2005). *Essential microbiology*. Wiley.
- Huliselan, N. V., Pello, E. S., & Lewerissa, Y. A. (2006). *Planktonologi* (Buku Ajar). Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Pattimura.
- IB biology topic 1:1.1–1.5. (2020). Ankiweb. <https://ankiweb.net/shared/info/846592312>
- Kennish, M. J. (1990). *Practical handbook of marine science* (Second Edition). CRC Press.
- Kowthaman R., Rebecca, A., & Manickam, N. (2019). Diversity and distribution of planktonic communities in Krishnampathy Lake, Coimbatore District, Tamil Nadu, India. *Environment and Ecology*, 37(4), 1230–1239.
- Lalli, C. M., & Parsons, T. R. (1977). *Biological oceanography: An introduction* (Second Edition). Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Lecturer Note Side. (2014, 4 Juni). *Chlamydomonas*. <http://thelecturesnotessite.weebly.com/blog/chlamydomonas>
- Levinton, J. S. (1995). *Marine biology: Function, biodiversity, ecology*. Oxford University Press.

- Little, C. (2000). *The biology of soft shores and eustuarie (Biology of Habitat Series)*. Oxford University Press.
- Maaruf. (2005). *Mengenal diatom*. Diakses pada 15 Mei, 2020, dari <https://maaruf.wordpress.com/2005/12/22/mengenal-diatom/>
- Muller-Parker, G., & D'Elia, C. F. (1997). Interaction between corals and their symbiotic algae. Dalam C. Birkeland (Ed.), *Life and death of coral reefs*. Chapman & Hall.
- Muslih. (2007). *Struktur komunitas diatom bentik di muara Sungai Tapak Semarang* [Skripsi tidak diterbitkan]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro.
- Neupane, L. (2022). *Euglena viridis: An overview*. The Biology Notes. <https://thebiologynotes.com/euglena-viridis/>
- Nontji, A. (2008). *Plankton laut*. LIPI Press.
- Padang, A. (2009). *Struktur komunitas diatom bentik dan hubungannya dengan karakteristik sedimen di Teluk Ambon Dalam* [Tesis tidak diterbitkan]. Pascasarjana Ilmu Kelautan Universitas Pattimura.
- Padang, A. (2010a). Komposisi dan kepadatan diatom bentik di Teluk Ambon Dalam. *Jurnal BIMAFIKA*, 1(2), 81–88.
- Padang, A. (2010b). Pengaruh ukuran butiran sedimen terhadap keanekaragaman diatom bentik. *Jurnal BIMAFIKA*, 2(1), 129–133.
- Padang, A. (2011a). Struktur komunitas diatom bentik yang epifit pada daun lamun. *Jurnal BIMAFIKA*, 3(1), 225–229.
- Padang, A. (2011b). Komposisi diatom bentik pada sedimen di ekosistem lamun. *Jurnal BIMAFIKA*, 3(2), 272–278.
- Padang, A. (2012a). Peranan diatom bentik bagi produktivitas primer di lingkungan bentik. *Jurnal BIMAFIKA*, 4(1), 420–424.
- Padang, A. (2012b). Pengaruh salinitas terhadap kepadatan sel *Coccolithopore* sp. *Jurnal BIMAFIKA*, 4(2), 351–354.
- Padang, A. (2013). Pengaruh intensitas cahaya yang berbeda terhadap pertumbuhan *Navicula* sp skala laboratorium. *Jurnal BIMAFIKA*, 5(1), 560–565.
- Padang, A. (2014). Kepadatan dan keanekaragaman diatom bentik pada sedimen di perairan intertidal Desa Tulehu. *Jurnal NERITIC*, 5(1), 25–31.

- Padang, A., Lukman, E., & Sangadji, M. (2014a). *Pemanfaatan diatom bentik sebagai makanan teripang dalam rangka pengembangan usaha budidaya teripang* (Laporan Penelitian Hibah Bersaing).
- Padang, A., Lukman, E., & Sangadji, M. (2014b). Komposisi makanan dalam lambung teripang. *Jurnal AGRIKAN*, 7(2), 26–30.
- Padang, A., Lukman, E., & Sangadji, M. (2015). *Pemanfaatan diatom bentik sebagai makanan teripang dalam rangka pengembangan usaha budidaya teripang* (Laporan Penelitian Hibah Bersaing).
- Padang, A., La Djen, S., & Tuasikal, T. (2015). Pertumbuhan fitoplankton *Tetraselmis* sp di wadah terkontrol dengan perlakuan cahaya lampu TL. *Jurnal AGRIKAN*, 8(1), 21–26.
- Padang, A., Lukman, E., Sangadji, M., & Subiyanto, R. (2016). Pemeliharaan teripang pasir (*Holothuria scabra*) di kurungan tancap. *Jurnal AGRIKAN*, 9(2), 9–16.
- Padang, A., Lestaluhu, A. R., & Siding, R. (2018). Pertumbuhan fitoplankton *Dunaliella* sp dengan cahaya berbeda pada skala laboratorium. *Jurnal AGRIKAN*, 11(1), 1–7.
- Padang, A., & Subiyanto, R. (2019). Food composition in the hull of sand cucumber (*Holothuria scabra*) kept at floating net cages. *Journal of Physics: Conference Series*, 1364(2019) 012005. DOI: 10.1088/1742-6596/1364/1/012005
- Padang, A., Huliselan, N. V., Subiyanto, R., & Dwicahyono, T. (2021). Benthic diatoms utilization as food for sand sea cucumbers (*Holothuria scabra*). *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 25(1), 633–642.
- Round, F. E., & Crawford, R. M. (1984). The lines of evolution of the Bacillariophyta II. The centric series. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 221(1223), 169–188.
- Sunarto. (2008). *Karakteristik biologi dan peranan plankton bagi ekosistem laut* (Laporan ilmiah). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjajaran.
- Supriatna, A. (2014). *Makanan alami benih ikan*. Lalaukan. Diakses pada 24 Agustus, 2021, dari <https://www.lalaukan.com/2014/01/makanan-alami-benih-ikan.html>
- Supriya, N. (2022). *Cyanobacteria*. Biology Reader. Diakses pada 20 Juni, 2023, dari <https://biologyreader.com/cyanobacteria.html>

- Talbot, M. M. B., Bate, G. C., & Campbell, E. E. (1990). A review of the ecology of surf diatom, with special reference to *Anaulus australis*. *Oceanography and Biology: An Annual Review*, 28, 155–175.
- Varma, P. (2022, 29 Oktober). *Coccolithophore*. Alchetron. <https://alchetron.com/Coccolithophore>
- Vashishta, B. R., Sinha, A. K., & Singh, V. P. (2002). *Botani for degree students: Algae* (Part I). S. Chand Publishing.
- Veluchamy, C., & Palaniswamy, R. (2020). A review on marine algae and its applications. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 13(3), 21–27.



BAB III

FOTOSINTESIS DAN SIKLUS NUTRIEN

PENDAHULUAN

Pokok bahasan ini menelaah tentang proses fotosintesis, siklus fosfor, dan siklus nitrat yang dilakukan oleh fitoplankton. Pemahaman tentang pokok bahasan ini bermanfaat untuk melengkapi pengetahuan mahasiswa tentang proses terjadinya fotosintesis serta sumber-sumber nitrat dan fosfat yang merupakan nutrisi penting bagi fitoplankton sebagai pelaku fotosintesis.

CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

Setelah mempelajari materi fotosintesis dan siklus nutrisi, mahasiswa diharapkan dapat menganalisis tentang proses fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton serta kebutuhan fosfat dan nitrat sebagai nutrisi penting.

SUBCAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

1. Mahasiswa dapat menganalisis proses fotosintesis di perairan.
2. Mahasiswa dapat mengilustrasikan siklus fosfor dan siklus nitrat di perairan.

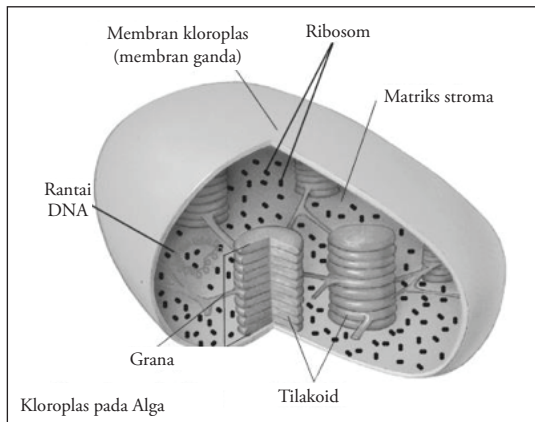
PETUNJUK BAGI MAHASISWA

Sebelum mempelajari materi pada bab ini, mahasiswa diharapkan sudah menguasai materi bab sebelumnya.

A. Proses Fotosintesis

Kata fotosintesis secara harfiah berasal dari bahasa Yunani $\phi\acute{\omega}\tau\omicron$ -[*fóto*], yang artinya cahaya dan $\sigma\acute{\upsilon}\nu\theta\epsilon\sigma\iota\varsigma$ [*synthesis*], yang artinya menggabungkan, penggabungan. Fotosintesis merupakan suatu aktivitas biokimia yang dilakukan oleh tumbuhan yang mengandung zat hijau daun atau klorofil dalam pembentukan zat makanan karbohidrat.

Fotosintesis terjadi di dalam dalam sel mesofil daun yang mengandung kloroplas. Kloroplas mengandung tilakoid yang memiliki struktur halus, di mana dalam tilakoid terjadi penyusunan kelompok-kelompok fungsi yang disebut fotosistem oleh klorofil dan pigmen aksesoris. Setiap fotosistem yang terlibat langsung atau tidak langsung dalam proses fotosintesis mengandung 300 molekul pigmen. Struktur sel kloroplas terdiri dari beberapa bagian (Gambar 3.1).



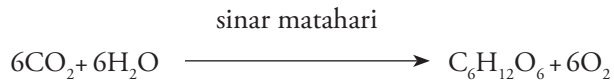
Sumber: Prayitno dan Hidayati (2017)

Gambar 3.1 Struktur Kloroplas

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Proses pembentukan materi organik dari materi anorganik dengan memanfaatkan sinar matahari, air, dan karbon dioksida (CO₂) atau proses perubahan energi matahari menjadi energi kimia oleh tumbuhan hijau disebut fotosintesis. Dalam proses fotosintesis ini klorofil menangkap/menyerap energi matahari untuk mengubah senyawa-senyawa anorganik dan melepas oksigen.

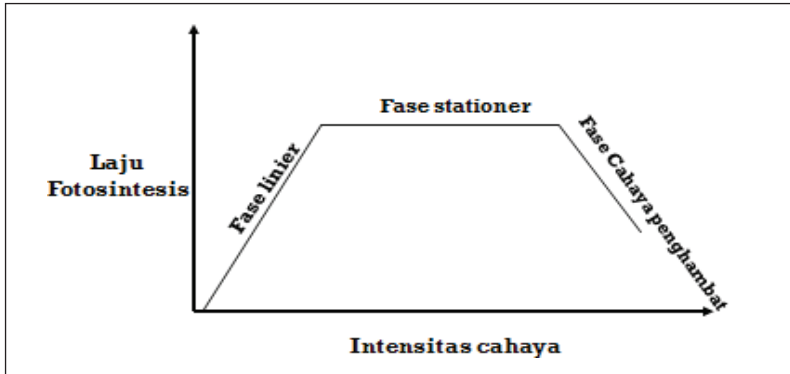
Proses fotosintesis dapat digambarkan dalam reaksi kimia:



Organisme fotosintesis disebut *fotoautotrof* karena dapat membuat makanannya sendiri dengan menggunakan zat hara, karbon dioksida dan air serta bantuan energi cahaya matahari. Proses fotosintesis sangat tergantung pada intensitas cahaya matahari.

Ada tiga fase intensitas cahaya terhadap laju fotosintesis sebagai berikut.

- 1) Fase linier, laju fotosintesis akan meningkat secara linier mencapai titik maksimal pada saat intensitas cahaya tinggi.
- 2) Fase stasioner/saturasi/jenuh, pada fase ini produksi primer tidak dapat menggunakan cahaya matahari lagi, enzim yang berperan dalam proses fotosintesis tidak dapat bereaksi dengan cukup untuk memproses kuantum cahaya lebih cepat sehingga laju fotosintesis akan mencapai titik asintot.
- 3) Fase cahaya penghambat, di mana akan terjadi penurunan produksi primer karena berkurangnya intensitas cahaya sampai mencapai titik minimum.



Sumber: Huliselan dkk. (2006)

Gambar 3.2 Fase Intensitas Cahaya terhadap Laju Fotosintesis

Dengan bertambahnya kedalaman di perairan, intensitas cahaya makin berkurang sehingga akan ditemukan kedalaman kompensasi yang merupakan batas bawah dari zona fotik, di mana intensitas cahaya menurun sampai 1%. Produksi primer di atas kedalaman kompensasi lebih besar dari respirasi ($F > R$), sedangkan di bawah kedalaman kompensasi produksi primer akan lebih kecil dari respirasi ($F < R$). Pada kedalaman kompensasi, laju produksi primer sama dengan laju respirasi ($F = R$).

Kedalaman kompensasi bervariasi secara harian maupun musiman juga secara geografis berdasarkan pada kondisi cahaya. Pada perairan oseanis yang jernih kedalaman kompensasi dapat mencapai 250 meter, sebaliknya pada perairan pantai yang keruh seperti estuari hanya beberapa meter.

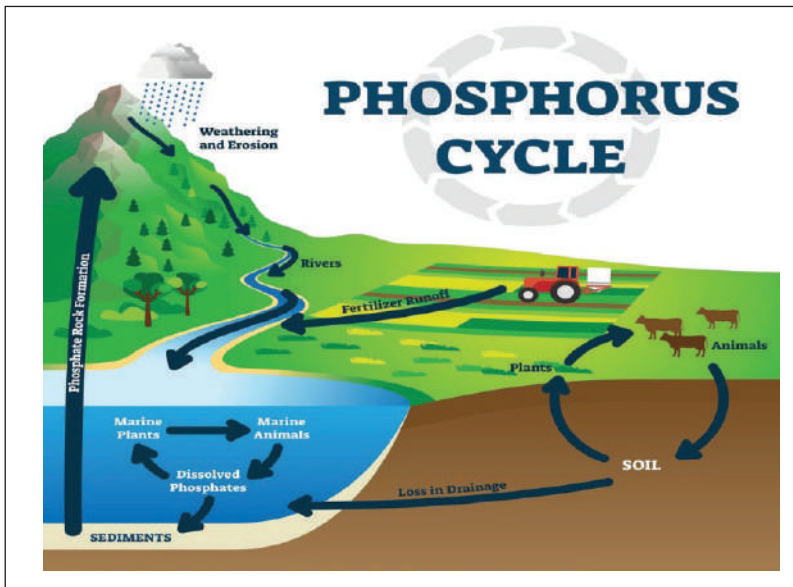
B. Siklus Fosfor

Semua makhluk hidup membutuhkan fosfor dalam bentuk adenosi- na trifosfat (ATP), di mana fosfor merupakan elemen penting dalam kehidupan yaitu sebagai sumber energi untuk metabolisme sel. Tiga bentuk fosfor dalam air laut, yaitu 1) anorganik terlarut; 2) organik terlarut; dan 3) partikular fosfor. Anorganik terlarut dalam bentuk ion

fosfat (PO^-) merupakan bentuk fosfor yang langsung dimanfaatkan oleh fitoplakton.

Di laut ketersediaan fosfor lebih kecil dibandingkan nitrat, di mana perbandingan antara kedua unsur tersebut sebesar 16 nitrat : 1 fosfat. Meskipun fosfat memiliki nilai yang kecil, siklusnya di perairan laut lebih sederhana dari pada siklus nitrogen. Fosfor yang dimanfaatkan oleh fitoplankton di perairan berfungsi sebagai pembentuk energi dalam aktivitas metabolisme.

Energi dalam bentuk adenosina trifosfat (ATP) selanjutnya diubah menjadi adenosina difosfat (ADP) oleh enzim fosfatase. Dalam sel, fosfor juga berfungsi sebagai komponen pembentuk struktur sel *ribonucleic acid* (RNA). RNA merupakan rantai asam amino yang berperan penting dalam proses pembentukan sel baru.



Sumber: Tazeen (2023)

Gambar 3.3 Siklus Fosfor

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Sumber ion fosfor terdapat dalam bebatuan di darat karena erosi dan pelapukan menyebabkan fosfor tererosi terbawa aliran sungai hingga masuk ke perairan laut dan membentuk sedimen. Aktivitas pergerakan di dasar laut menyebabkan sedimen yang mengandung fosfor muncul ke lapisan permukaan, sedangkan bagi tumbuhan darat mengambil fosfor yang terlarut dalam air tanah.

Transfer fosfor terjadi dalam rantai makanan, diawali oleh herbivor yang mendapatkan fosfor dari tumbuhan yang dikonsumsinya dan selanjutnya karnivora sebagai hewan pemangsa akan mendapatkan fosfor saat mengonsumsi herbivor. Proses metabolisme yang terjadi dalam tubuh hewan akan mengeluarkan fosfor melalui ekskresi dalam bentuk urine dan feses. Selanjutnya bakteri dan jamur akan mengurai bahan-bahan anorganik di dalam tanah, lalu melepaskan fosfor, kemudian dimanfaatkan oleh tumbuhan.

C. Siklus Nitrat

Beberapa bentuk senyawa organik dari nitrogen, seperti urea, protein, dan asam nukleat atau sebagai senyawa anorganik, seperti amonia, nitrit, nitrat, dan senyawa gas nitrogen yang terdapat di laut.

Tabel 3.1 Kisaran Senyawa-Senyawa Nitrogen di Perairan Pantai

Senyawa Nitrogen	Konsentrasi
Nitrat	0,01–50 mM
Nitrit	0,01–5 mM
Amonium	0,01–5 mM
Asam amino	0,2–2 mM
Urea	0,1–5 mM

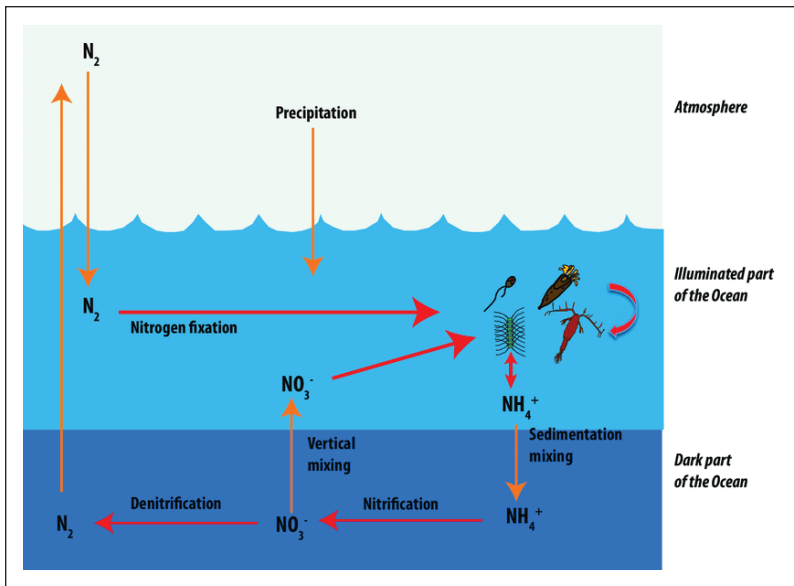
Sumber: Huliselan dkk. (2006)

Ion nitrat (NO_3) merupakan bentuk nitrogen yang paling dominan di laut sehingga ion ini yang paling banyak dimanfaatkan oleh fitoplankton, seperti *Trichodesmium* sp. yang merupakan kelompok

alga biru hijau yang terdapat dalam air memanfaatkan senyawa gas nitrogen secara langsung. Dalam kolom air regenerasi nitrogen merupakan hasil aktivitas bakteri dan pembuangan (eksresi) dari hewan yang hidup didalamnya, terutama oleh kelompok zooplankton yang menghasilkan amonia dari aktivitas pembuangan (eksresi).

Proses nitrifikasi merupakan kegiatan oksidasi ammonia yang diubah menjadi nitrit dan selanjutnya akan dirubah menjadi nitrat. Proses nitrifikasi dilakukan oleh bakteri sebagai mediator, di mana bakteri tersebut dinamakan bakteri nitrifikan. Fiksasi atau proses pengikatan nitrogen dari udara dalam siklus nitrogen umumnya dilakukan *Trichodesmium* sp. yang termasuk dalam kelompok bakteri alga biru hijau.

Sebagian nitrogen yang masuk ke dalam siklus merupakan *output* dari beberapa mekanisme, antara lain hasil proses daur ulang bahan organik yang terjadi di lapisan eufotik, proses *upwelling*, *run off* dari darat, serta fiksasi bakteri.



Sumber: Glöckner dkk. (2012)

Gambar 3.4 Siklus Nitrat

Buku ini tidak diperjualbelikan.

D. Ketersediaan Fosfor dan Nitrat di Perairan

Fosfor dan nitrat sangat menentukan keberadaan fitoplankton di perairan, di mana kedua unsur ini merupakan faktor pendukung pertumbuhan fitoplankton. Kandungan fosfor dan nitrat dapat digunakan untuk menentukan tingginya produktivitas perairan. Fosfor dan nitrat yang menumpuk di kedalaman mesopelagik dapat terangkat ke lapisan permukaan (lapisan eufotik) dapat dipergunakan secara intensif oleh produsen primer.

Fosfor dan nitrat memiliki pola penyebaran vertikal di laut cenderung makin tinggi konsentrasinya menurut kedalaman perairan. Fosfor dan nitrat di perairan pantai atau neritik umumnya mendapatkan sumbangan dari daratan karena dekatnya wilayah perairan pantai dengan daratan, berbeda dengan perairan lepas atau oseanik yang jauh dari pengaruh daratan.

Mekanisme gerakan air dari dasar perairan atau *upwelling* merupakan faktor penting bagi peningkatan ketersediaan unsur hara pada lapisan di mana cahaya masih dapat diterima atau zona eufotik. Unsur hara yang sangat memegang peranan penting dalam siklus organik perairan adalah fosfor (P) dan nitrogen (N). Di perairan laut, fosfor terdapat dalam beberapa bentuk, seperti protein gula, butiran kalsium fosfat (CaPO_4), dan besi fosfat (FePO_4) anorganik, sedangkan nitrogen ditemukan dalam bentuk nitrogen molekuler dan jumlahnya lebih besar daripada nitrit (NO_2), nitrat (NO_3), dan amonia (NO_4).

Aktivitas daur organik dalam menghasilkan asam-asam amino yang membuat protein sangat ditentukan oleh ketersediaan nitrogen. Nitrogen dan fosfor umumnya terdapat dalam jumlah yang besar di perairan laut saat produktivitas laut rendah dan sebaliknya, jika produktivitas laut tinggi, kadar fosfor dan nitrogen menjadi rendah karena dimanfaatkan oleh organisme autotrof.

Secara vertikal, fosfor (P) dan nitrogen (N) dalam perairan (misalnya di laut) dapat dikelompokkan menjadi tiga lapisan sebagai berikut.

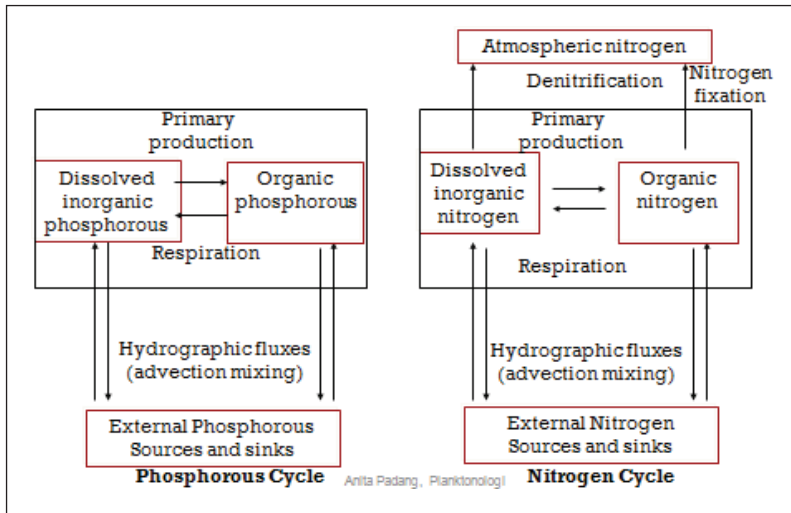
- 1) Lapisan permukaan memiliki kadar fosfor dan nitrogen yang rendah karena tingginya produksi organik.

- 2) Lapisan kedua di bawah lapisan permukaan sampai beberapa ratus meter terjadi peningkatan kadar fosfor dan nitrogen dengan cepat karena penyerapannya berkurang akibat kurangnya aktivitas pembentukan materi organik dan pada lapisan ini terjadi pelepasan fosfor melalui mekanisme dekomposisi atau penguraian materi organik yang mati.
- 3) Lapisan ketiga di bawah lapisan kedua sampai kedalaman laut berkisar antara 500–1.000 meter, kadar fosfor dan nitrogen mencapai maksimal karena tidak terjadi pembentukan materi organik yang akan memanfaatkan fosfor dan nitrogen.

Selain itu juga terjadi perubahan fosfor dan nitrogen secara temporal, di mana kadar fosfor dan nitrogen terendah pada siang hari karena tingginya aktivitas produktivitas primer dan tinggi kadarnya pada malam hari karena rendahnya aktivitas produktivitas primer. Hal ini sangat nyata sekali terlihat di perairan pantai karena berkaitan dengan penyinaran matahari dan aktivitas fotosintesis. Lebih jelasnya mengenai sebaran fosfor dan nitrogen secara temporal adalah sebagai berikut:

- 1) Kadar fosfor dan nitrogen akan minimum pada siang hari karena diserap oleh tumbuh-tumbuhan dalam aktivitas fotosintesis.
- 2) Kadar fosfor dan nitrogen mencapai maksimum menjelang fajar karena tidak terjadi penyerapan untuk proses fotosintesis di malam hari.

Kadar fosfor dan nitrogen juga terjadi menurut musim, di mana berkaitan dengan posisi geografis. Misalnya, pada daerah 4 musim (*temperate*), kadar fosfor dan nitrogen mencapai maksimum pada musim dingin dan musim gugur karena malam lebih panjang dari siang, sedangkan pada musim panas dan musim semi kadar fosfor dan nitrogen lebih rendah karena siang lebih panjang dari malam.



Sumber: Huliselan dkk. (2006)

Gambar 3.5 Perbedaan Siklus Fosfor dan Siklus Nitrat

RANGKUMAN

1. Proses pembentukan materi organik dari materi anorganik disebut fotosintesis dengan memanfaatkan sinar matahari, air, dan CO_2 atau proses perubahan energi matahari menjadi energi kimia oleh tumbuhan hijau.
2. Proses fotosintesis memanfaatkan zat hara (nutrien), karbon dioksida, dan air dengan bantuan energi cahaya matahari.
3. Organisme yang dapat melakukan fotosintesis disebut *fotoautotrof* karena dapat menghasilkan makanannya sendiri.
4. Nitrogen di laut ditemukan dalam bentuk senyawa organik, seperti urea, protein, dan asam nukleat, atau sebagai senyawa anorganik seperti amonia, nitrit, nitrat dan senyawa gas nitrogen.
5. Fosfor di laut terdapat dalam bentuk anorganik terlarut, organik terlarut, dan partikular fosfor.

6. Fosfor dan nitrat sangat menentukan keberadaan fitoplankton di perairan, di mana kedua unsur ini merupakan faktor pendukung pertumbuhan fitoplankton.

TES FORMATIF

1. Buatlah diagram proses fotosintesis yang terjadi di perairan!
2. Berikan hubungan ketersediaan nutrisi terhadap proses fotosintesis!
3. Ilustrasikan siklus fosfor dan nitrat di perairan!
4. Tuliskan empat perbedaan siklus fosfor dan nitrat di perairan!
5. Hubungkan tentang sebaran fosfor dan nitrat di perairan berdasarkan letak geografis dan musim!

TINDAK LANJUT

1. Jika mahasiswa tidak dapat menjawab tes formatif dengan baik (<50%), dianjurkan mempelajari kembali Bab III.
2. Apabila mahasiswa dapat menjawab semua pertanyaan dengan baik, dapat melanjutkan pada bab berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Glöckner, F. O., Stal, L. J., Sandaa, R.-A., Gasol, J. M., O'Gara, F., Hernandez, F., Labrenz, M., Stoica, E., Varela, M. M., Bordalo, A., & Pitta, P. (2012). *Marine microbial diversity and its role in ecosystem functioning and environmental change* (Marine Board-ESF Position Paper 17). Marine Board-ESF.
- Huliselan, N. V., Pello, E. S., & Lewerissa, Y. A. (2006). *Planktonologi* (Buku Ajar). Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Pattimura.
- Prayitno, T. & Hidayati, N. (2017). *Pengantar mikrobiologi*. MNC Publishing.

Tazeen, T. (2023, 25 Januari). *Nutrient cycle: Meaning, types, characteristics, importance*. Embibe. <https://www.embibe.com/exams/nutrient-cycle/>

Buku ini tidak diperjualbelikan.



BAB IV

KOMUNITAS ZOOPLANKTON

PENDAHULUAN

Pokok bahasan ini menelaah tentang zooplankton, reproduksi dan siklus hidup, klasifikasi zooplankton, peranan di perairan dan faktor lingkungan yang memengaruhi. Pemahaman tentang pokok bahasan ini, bermanfaat untuk melengkapi pengetahuan mahasiswa tentang zooplankton serta perbedaan meroplankton dan holoplankton.

CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

Setelah mempelajari komunitas zooplankton, mahasiswa diharapkan dapat menganalisis dan mengarakteristikkan tentang gambaran umum zooplankton, reproduksi dan siklus hidup, klasifikasi, peranannya di perairan, serta faktor lingkungan yang memengaruhi.

SUBCAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

1. Mahasiswa mampu membedakan holoplankton dan meroplankton.

2. Mahasiswa mampu mengarakteristikan tentang komunitas zooplankton.
3. Mahasiswa mampu mengidentifikasi zooplankton berdasarkan siklus hidupnya.

PETUNJUK BAGI MAHASISWA

Sebelum mempelajari materi pada bab ini, mahasiswa diharapkan sudah menguasai materi bab sebelumnya, biologi dasar, dan biologi laut.

A. Gambaran Umum Zooplankton

Di perairan terdapat kelompok organisme mikroskopis, yaitu plankton, yang memiliki peranan penting dalam kehidupan di perairan. Plankton terbagi dua, yaitu 1) plankton tumbuhan atau fitoplankton dan 2) plankton hewan atau zooplankton. Fitoplankton sebagai tumbuhan mikroskopis sangat berlimpah di seluruh perairan, dari lapisan permukaan hingga kedalaman, di mana intensitas cahaya masih dapat diterima sehingga proses fotosintesis dapat berlangsung (Nontji, 1987).

Plankton hewan atau zooplankton menjalani kehidupan dalam perairan dengan cara mengapung, atau melayang, dan gerakannya sangat dipengaruhi oleh dinamika arus air yang membawanya hingga keberadaannya menjadi terbatas. Zooplankton merupakan organisme heterotrofik, artinya tidak dapat membuat makanan sendiri sehingga kelangsungan hidupnya selalu tergantung pada ketersediaan bahan organik dengan cara mengonsumsi fitoplankton. Zooplankton merupakan konsumen bahan organik pertama dalam rantai makanan di perairan. Zooplankton beraneka ragam jenisnya, yang terdiri dari larva dan bentuk dewasa yang mewakili hampir seluruh filum hewan (Nybakken, 1992). Zooplankton sebagai konsumen primer dan fitoplankton sebagai produsen primer, keduanya merupakan dasar dari rantai makanan di dalam perairan.

Zooplankton dalam mencari makan berupa fitoplankton selalu melakukan migrasi vertikal dalam perairan dan distribusinya sampai

kedalaman 200 m (Omori & Ikeda, 1984). Selanjutnya Kaswadji (2001) mengemukakan bahwa zooplankton berperan penting dalam rantai makanan di lingkungan perairan dengan memanfaatkan materi organik yang dihasilkan oleh fitoplankton melalui aktivitas fotosintesis. Kelimpahan zooplankton di perairan merupakan faktor penting dalam menentukan kesuburan perairan tersebut sehingga jika diketahui keadaan plankton (zooplankton dan fitoplankton) di suatu perairan, dapat diprediksi dari kualitas perairan tersebut.

Arinardi (1997) berpendapat bahwa zooplankton dalam rantai makanan merupakan sumber makanan bagi kelompok nekton sehingga kelimpahannya selalu dihubungkan dengan kesuburan perairan. Di lautan, zooplankton sangat berperan penting karena merupakan penghubung antara trofik terendah, yaitu fitoplankton sebagai produsen primer, ke trofik tertinggi, yaitu sumber daya ikan sebagai konsumen sekunder.

Perubahan iklim yang terjadi di atmosfer, khususnya di lautan, akan berpengaruh pada proses-proses oseanografi yang terjadi di lautan. Begitu juga sebaliknya, dinamika yang terjadi di lautan akan memengaruhi iklim di atmosfer. Interaksi antara atmosfer dan lautan akan memengaruhi organisme yang hidup di dalamnya, terutama plankton sebagai organisme terendah dalam rantai makanan. Contoh interaksi antara atmosfer dan lautan, yaitu karakteristik massa air laut yang dipengaruhi iklim menyebabkan perubahan lapisan homogen (*mixed layer*) yang berpengaruh pada kehidupan organisme di laut, khususnya zooplankton. Sebaliknya, zooplankton juga memiliki peranan dalam keseimbangan iklim, yaitu dengan aktivitas zooplankton bermigrasi vertikal sampai kedalaman 500 meter dalam sehari sebagai pembawa karbon dioksida ke perairan yang lebih dalam dari lapisan permukaan karena karbon dioksida merupakan senyawa yang menyebabkan pemanasan global.

Kaswadji (2001) juga menjelaskan tentang interaksi antara atmosfer dan laut pada sirkulasi aliran massa air yang melalui perairan Indonesia, yang lebih dikenal dengan istilah arlindo (arus lintas Indonesia), merupakan aliran yang menghubungkan dua massa air yang memiliki karakteristik berbeda. Arlindo berperan dalam sirkulasi

termohalin dan fenomena iklim perairan sehingga memengaruhi zooplankton dan biota perairan lainnya.

Zooplankton berukuran antara 0,2–2 mm, tetapi di perairan juga ditemukan yang berukuran besar, misalnya ubur-ubur dengan ukuran sampai lebih dari 1 meter. Zooplankton di perairan yang sering ditemukan adalah Copepoda, Euphausiid, Misid, Amphipoda, dan Chaetognatha. Distribusinya sangat luas dan ditemukan pada lingkungan perairan neritik/pantai, perairan payau/estuaria sampai perairan oseanik/samudra, pada daerah perairan tropis hingga kutub (Nontji, 2008).

B. Reproduksi dan Siklus Hidup Zooplankton

Zooplankton berkembang biak secara aseksual dan seksual. Seksual yaitu adanya perkawinan antara hewan jantan dan betina, contohnya Rotifera jantan menghasilkan sperma untuk membuahi sel telur Rotifera betina, sedangkan reproduksi Crustacea secara uniseksual artinya satu individu hanya memiliki gamet jantan atau betina saja dan pembuahan terjadi di luar tubuh atau eksternal. Reproduksi aseksual zooplankton dengan cara *parthenogenesis* atau perkembangbiakan guna mendapatkan individu baru tanpa melalui pembuahan/fertilisasi atau reproduksi di mana sel telur dari hewan betina dapat tumbuh dan berkembang tanpa fertilisasi oleh hewan jantan, contohnya Cladocera dan Ostracoda.

Siklus hidup zooplankton menyebabkannya terbagi dua kelompok, yaitu 1) holoplankton, kelompok zooplankton yang siklus hidupnya merupakan zooplankton sejati, artinya selama hidupnya dijalani sebagai plankton yang dipengaruhi oleh gerakan air, contohnya Rotifera dan Crustacea; dan 2) meroplankton atau plankton sementara di mana siklus hidupnya selama fase larva dilalui sebagai plankton yang pergerakannya dipengaruhi oleh gerakan air, tetapi setelah metamorfosis sebagai organisme dewasa akan kembali ke bentuk yang lain, contohnya nekton dan bentos.

Fauna akuatik pada ekosistem mangrove saat fase larva dikategorikan sebagai zooplankton karena pergerakannya lemah dan masih

dipengaruhi oleh gerakan air. Ekosistem mangrove yang terdapat di perairan pantai merupakan daerah pemijahan/*spawning ground* dan pembesaran/*nursery ground* akan ditemukan sejumlah fauna akuatik baik nekton maupun bentos pada fase larvanya. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Tait (1987, dalam Agustini & Madyowati, 2017) yang mengelompokkan gastropoda, bivalva, telur ikan, dan larva ikan ke dalam zooplankton.

Ekosistem mangrove juga berfungsi sebagai daerah mencari makan/*feeding ground* bagi sejumlah nekton, seperti teri, kembung, lemuru, tembang, dan cakalang. Hal ini disebabkan tingginya populasi zooplankton di ekosistem mangrove, seperti Copepoda yang banyak dikonsumsi oleh ikan pelagis.

Tingginya populasi zooplankton dipengaruhi oleh populasi fitoplankton sebagai makanannya. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Nybakken (1992) bahwa sekitar 50–60% fitoplankton dikonsumsi oleh zooplankton di daerah estuaria.

C. Klasifikasi Zooplankton

Nontji (2008) mengklasifikasikan zooplankton berdasarkan daur hidupnya menjadi tiga kelompok sebagai berikut.

1) Holoplankton

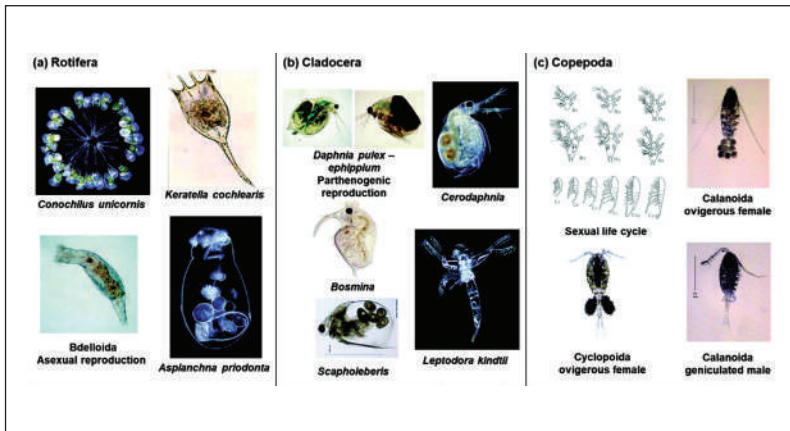
Holoplankton merupakan zooplankton yang menjalani daur hidupnya sebagai plankton sejati yaitu selama fase hidupnya melayang, mengapung, dan dipengaruhi gerakan air, diawali dari fase telur, fase larva, sampai fase dewasa, seperti Copepoda, Rotifera, dan Amphipoda.

2) Meroplankton

Meroplankton adalah zooplankton yang sebagian daur hidupnya hanya dipengaruhi gerakan air karena hanya pada awal kehidupannya sebagai plankton, yaitu saat fase telur dan larva, kemudian setelah dewasa berubah ke bentuk aslinya, yaitu kelompok nekton dan bentos, contohnya ikan dan moluska.

3) Tikoplankton

Tikoplankton adalah kelompok zooplankton yang bukan plankton sejati karena hidupnya sebagai bentos di dasar laut. Adanya gerakan air dari bawah ke atas atau *upwelling* menyebabkan terlepas dari dasar dan terbawa arus kemudian menjalani kehidupan sementara sebagai plankton, contohnya Cumasea.



Sumber: Pinel-Alloul dkk. (2021)

Gambar 4.1 Beberapa Jenis Zooplankton

Berdasarkan ukurannya, Huliselan dkk. (2006) membagi zooplankton menjadi tiga, yaitu

- 1) mikropankton, berukuran 20–200 μm , yang termasuk kelompok mikropankton, yaitu Ciliata, Foraminifera, Nauplius, Rotifera, dan Copepoda;
- 2) mesoplankton, berukuran 200 μm –2 m, termasuk dalam kelompok ini, yaitu Cladocera, Copepoda, dan Larvacea; dan
- 3) makropankton, berukuran 2–20 mm, dan termasuk di dalamnya Pteropoda, Copepoda, Euphausid, dan Chaetognatha.

Berdasarkan kebiasaan makan, zooplankton terbagi enam sebagai berikut.

- 1) Predator gelatinous, dengan ciri-ciri:
 - a) tubuh tampak bening/transparan;
 - b) memperoleh makanan dengan cara penangkapan mangsa dengan tentakel yang dilengkapi dengan sel penyengat (*neumatoctyst*) atau *mucus* /lendir.
Contoh: Medusa dan Siphonophora
- 2) Predator raptorial, dengan ciri-ciri:
 - a) memperoleh makanan dengan cara penangkapan mangsa dengan menggunakan mulut atau rahang yang berfungsi sebagai tangan;
 - b) meliputi Chaetognatha, Cladocera, Copepoda, Euphausid, semua Amphipoda, Annelida, dan Moluska Gymnosomata.
- 3) Herbivor penyaring mikro, dengan ciri-ciri:
 - a) zooplankton yang memperoleh makanan dari jenis fitoplankton dengan cara menyaring partikel-partikel yang lebih kecil dari ukuran nanoplankton;
 - b) meliputi marga Cladocera, beberapa Copepoda, dan sedikit Molusca Gymnosomata.
- 4) Herbivor gelatin, dengan ciri-ciri:
 - a) zooplankton bertubuh bening/transparan;
 - b) memperoleh makanan dengan cara menyaring atau menjebaknya dengan mucus/lendir;
 - c) meliputi Tunicata.
- 5) Omnivor, dengan ciri-ciri:
 - a) zooplankton yang memakan tumbuhan (fitoplankton) dan hewan (ciliata/juvenil/larva Copepoda) dengan cara menyaring dan menangkap mangsa dengan mulut atau rahang;
 - b) meliputi Copepoda, Euphausid, Mysid, dan Peneida.

- 6) Detritivor, dengan ciri-ciri:
 - a) memperoleh makanan dengan cara menyaring detritus;
 - b) meliputi hampir semua Ostracoda.

Arinardi dkk. (1997) mengelompokkan zooplankton dalam beberapa filum sebagai berikut.

1) Protozoa

Protozoa, organisme berukuran kecil, bersel tunggal, dan terdiri atas empat kelas, yaitu Rhizopoda, Ciliata, Flagellata, dan Sporozoa, serta beberapa filum lain yang termasuk dalam protozoa yang banyak dijumpai di perairan laut, seperti Foraminifera, Radiolaria, Zooflagellata, dan Ciliata.

2) Arthropoda

Arthropoda sebagai kelompok terbesar dari zooplankton, termasuk di dalamnya yaitu Crustacea. Crustacea merupakan biota perairan yang memiliki *shell*, terdiri dari *chitine* atau kapur, yang tidak mudah larut. Kelompok terbesar zooplankton di laut adalah filum Arthropoda sub-filum Crustacea, seperti yang ditemukan oleh Padang dkk. (2016) di Teluk Ambon Dalam. Crustacea yang penting di perairan, yaitu Copepoda dengan karakteristiknya holoplanktonik, memiliki ukuran yang kecil serta mendominasi semua perairan laut.

Nybakken (1988) mengemukakan bahwa Copepoda merupakan herbivor yang umumnya mendominasi perairan bahari. Selanjutnya, Mulyadi dan Radjab (2015) menjelaskan bahwa Copepoda memiliki kemampuan adaptasi yang besar terhadap perubahan kondisi oseanografi di perairan pesisir, yaitu suhu dan salinitas. Jika dibandingkan kelompok zooplankton yang lain, hal ini menyebabkan tingginya persentase kelimpahan Copepoda. Keberadaan Copepoda di perairan pesisir selain kemampuan adaptasinya terhadap faktor oseanografi, juga didukung dengan ketersediaan fitoplankton yang menjadi makanannya. Beberapa ahli mengemukakan bahwa Copepoda melimpah di perairan pesisir dengan nilai lebih dari 50% dari total komunitas zooplankton (Baars dkk., 1990; Arinardi, 1996; Rezai dkk., 2004; dan Eloire dkk., 2010, dalam Mulyadi & Radjab, 2015).

3) Moluska

Nybakken (1992) menjelaskan bahwa filum moluska adalah kelompok hewan terbesar kedua dalam dunia hewan. Moluska memiliki karakteristik bertubuh lunak, tidak beruas-ruas, dan memiliki cangkang yang mengandung kalsium karbonat sebagai materi penutup tubuhnya yang lunak. Fungsi cangkang pada moluska, yaitu melindungi organ dalam dan isi rongga perut, di mana antara bagian dalam tubuh dan cangkang terdapat selaput pembungkus yang disebut mantel, contohnya Bivalvia dan Gastropoda. Selain bercangkang, ada juga moluska yang tidak bercangkang, yaitu Cephalopoda (cumi-cumi/Loligo, gurita/Octopus dan sotong/Sepia). Perkembangbiakan filum moluska secara seksual melalui mekanisme fertilisasi internal atau pembuahan terjadi dalam tubuh organisme (Bambang, 2004, dalam Agustini & Madyowati, 2017).

4) Coelenterata

Coelenterata atau Cnidaria merupakan hewan avertebrata laut sering ditemukan di laut dalam pada fase dewasanya. Kelompok hewan yang termasuk Coelenterata, yaitu hydra, ubur-ubur, anemon laut, dan coral atau karang (Nybakken, 1992). Coelenterata bereproduksi secara aseksual dan seksual, di mana fase telur dan larva mengalami siklus hidup sebagai plankton (Bambang, 2004, dalam Agustini & Madyowati, 2017).

5) Chordata

Chordata merupakan hewan bertulang belakang/vertebrata, tetapi ada juga yang tidak bertulang belakang/avertebrata, Chordata yang planktonik termasuk dalam kelas Thaliacea dan Larvacea, yang memiliki karakteristik tubuh mengandung zat seperti agar-agar bukan selulosa yang berfungsi sebagai mantel melindungi tubuh dan makan secara *filter feeding* atau menyaring makanan berupa fitoplankton yang terdapat dalam air laut.

6) Chaetognatha

Chaetognatha merupakan hewan avertebrata yang hidup di laut memiliki jumlah spesies relatif sedikit namun berperan penting dalam rantai makanan di perairan laut. Karakteristiknya, yaitu bentuk tubuh panjang seperti torpedo berukuran 2–120 mm, tubuh transparan, hermafrodit di mana organ reproduksi testis dan ovarium dalam satu tubuh, simetris bilateral dan memiliki kepala, badan dan ekor, memiliki sirip dan sepasang mata dan terdapat sejumlah duri di sekeliling mulutnya (Bambang, 2004, dalam Agustini & Madyowati, 2017).

Selain kelompok hewan di atas, Romimohtarto dan Juwana (2004) juga menambahkan kelompok nekton sebagai organisme yang juga terwakili dalam zooplankton pada fase telur dan larva.

D. Peranan Zooplankton dalam Jaring-Jaring Makanan di Laut

Arinardi dkk. (1997) mengemukakan bahwa zooplankton adalah sumber makanan bagi kelompok ikan pelagis dalam rantai makanan di perairan laut sehingga keberadaan zooplankton akan berhubungan dengan kesuburan perairan. Fitoplankton dikonsumsi oleh zooplankton guna mendapatkan nutrisi yang dihasilkan fitoplankton melalui proses fotosintesis (Kaswadi, 2001).

Zooplankton adalah organisme heterotrof karena tidak dapat membuat makanan sendiri, di mana kedudukannya dalam rantai makanan sebagai konsumen primer karena merupakan organisme pertama yang mengonsumsi fitoplankton (produsen primer) di perairan. Zooplankton memiliki karakteristik tubuh yang spesifik antara satu jenis dan jenis yang lain, baik anatomi, morfologi, maupun fisiologinya.

Karakteristik yang spesifik antarjenis zooplankton di perairan menyebabkan perbedaan peranannya dalam rantai makanan. Hal ini dikarenakan adanya kelompok meroplankton yang hanya sebagian fase kehidupannya dijalani sebagai plankton pada fase telur dan larva sehingga pengetahuan terhadap karakteristik setiap kelompok zooplankton sangat penting karena akan berhubungan dengan proses interaksi

antara zooplankton dengan habitatnya sebagai bagian dari strateginya untuk bertahan di perairan (Romimohtarto & Juwana, 2009).

Zooplankton selanjutnya akan dikonsumsi oleh organisme yang berfungsi sebagai konsumen sekunder dalam rantai makanan, misalnya nekton dan bentos fase dewasa walaupun kedua kelompok ini pada fase telur dan larvanya dijalani sebagai plankton. Selain nekton dan bentos, ternyata zooplankton juga dikonsumsi oleh mamalia laut, yaitu paus biru (*Balaenoptera physalus*) yang mengonsumsi *Euphausia superba* “krill”, yang bentuknya seperti udang kecil berukuran 4–5 cm, sebagai makanan utamanya (Nontji, 2008).

E. Faktor Lingkungan yang Memengaruhi Zooplankton

Kondisi perairan memengaruhi kehidupan zooplankton, di mana zooplankton dapat hidup dan berkembang dengan baik jika kondisi lingkungan mendukung. Mulyadi dan Radjab (2015) mengemukakan bahwa dinamika atau variasi komposisi zooplankton selain dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang sesuai, juga dipengaruhi oleh ketersediaan makanan, persaingan dan pemangsaan, serta aktivitas migrasi vertikal yang dilakukan oleh zooplankton itu sendiri.

1. Parameter Fisika Perairan

Beberapa parameter fisika memengaruhi kehidupan zooplankton di perairan, antara lain temperatur dan kecerahan.

a. Temperatur

Faktor fisika yang sangat memengaruhi kehidupan biota perairan seperti plankton adalah temperatur/suhu (Handayani, 2009). Temperatur air bersifat homogen pada perairan dangkal dari lapisan permukaan perairan sampai ke dasar jika dibandingkan perairan laut dalam tempat terjadinya perbedaan temperatur antar-kedalaman. Temperatur perairan berhubungan dengan penyinaran matahari, di mana pada lapisan yang lebih dalam cahaya tidak dapat ditemukan sehingga perairan laut dalam memiliki daerah di mana cahaya dapat diterima disebut zona fotik dan bagian perairan yang tidak lagi

mendapatkan cahaya disebut zona afotik. Kondisi zona fotik dan afotik akan memberikan pengaruh bagi keberadaan biota di perairan laut dalam, misalnya dalam kehidupan plankton, ketika fitoplankton melimpah pada zona fotik sehingga akan memengaruhi kelimpahan dan komposisi zooplankton sebagai organisme konsumen.

Pertumbuhan plankton di lautan membutuhkan suhu optimal sebesar 20–30°C (Effendi, 2003). Kehidupan dan penyebaran organisme di perairan sangat dipengaruhi oleh temperatur. Di mana di perairan temperatur dipengaruhi oleh besarnya intensitas penyinaran matahari yang masuk ke perairan serta kondisi atmosfer (Officer, 1976, dalam Simanjuntak, 2009). Selanjutnya, Sijabat (1974, dalam Simanjuntak, 2009) mengemukakan bahwa faktor geografis dan dinamika arus memengaruhi temperatur air.

b. Kecerahan

Kecerahan sangat penting di perairan, terutama bagi fitoplankton, karena membutuhkan intensitas cahaya matahari dalam berfotosintesis, meningkatnya aktivitas fotosintesis berpengaruh bagi kelimpahan fitoplankton, dengan demikian juga akan memengaruhi kelimpahan zooplankton. Rommimohtarto dan Juwana (2009) mengemukakan bahwa banyaknya cahaya sampai ke permukaan laut setiap hari dan perubahan intensitas memiliki peranan penting dalam menentukan pertumbuhan fitoplankton sehingga akan memengaruhi zooplankton yang ada di dalamnya.

Tinggi rendahnya kecerahan perairan selain ditentukan oleh intensitas cahaya matahari yang sampai ke permukaan perairan, juga ditentukan oleh partikel terlarut dalam air. Partikel terlarut dalam air bisa materi organik maupun anorganik. Kecerahan perairan pada musim hujan terutama di daerah pantai yang ada muara sungainya akan berubah menjadi keruh atau kecerahannya menjadi rendah karena adanya masukan material dari daratan yang terbawa bersama aliran sungai. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Wirawan (1992, dalam Agustini & Madyowati, 2017) bahwa

adanya partikel-partikel liat lumpur yang masuk ke perairan dapat memberikan dampak bagi perairan dan daerah pemijahan.

2. Parameter Kimia Perairan

Beberapa parameter kimia memengaruhi kehidupan zooplankton di perairan, antara lain pH, oksigen terlarut, dan salinitas.

a. pH

Derajat keasaman atau pH di perairan merupakan faktor penting bagi kehidupan organisme di dalamnya. Derajat keasaman perairan laut adalah basa dan dipengaruhi oleh aktivitas biologi organisme yang hidup di dalamnya maupun ion-ion yang larut dalam perairan tersebut serta suhu (Pescod, 1973, dalam Pratiwi dkk., 2015).

Derajat keasaman merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap banyak tidaknya kelimpahan zooplankton di suatu perairan, adapun pH optimum yang baik untuk pertumbuhan atau kelimpahan zooplankton di suatu perairan alami adalah pH antara 6,2–8,6 (Agustini & Madyowati, 2017).

Zooplankton membutuhkan perairan yang kaya bahan organik dalam siklus hidupnya. Ekawati (2005) mengemukakan bahwa zooplankton dapat hidup dengan kisaran nilai pH >6,6 dan pada kondisi normal pH optimal sebesar 6–8. Junaidi dkk. (2018) mendapatkan pH perairan di Kabupaten Lombok Utara sebesar 0,8–8,2. Huliselan dkk. (2018) juga mendapatkan nilai pH yang sesuai bagi kehidupan zooplankton di Teluk Kotania sebesar 6–8 dan mendukung kehidupan zooplankton.

b. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut sebagai hasil fotosintesis fitoplankton dan difusi dari udara sangat dibutuhkan oleh semua organisme perairan termasuk zooplankton. Oksigen terlarut di perairan bersumber dari difusi dari udara serta hasil fotosintesis flora perairan, baik makroflora, seperti mangrove, lamun, dan makroalga, maupun rumput laut serta mikroflora, yaitu fitoplankton. Oksigen ter-

larut di perairan dipengaruhi parameter oseanografi, yaitu suhu, salinitas, pergerakan massa air, tekanan atmosfer, konsentrasi fitoplankton, tingkat saturasi oksigen sekelilingnya, dan adanya pengadukan massa air oleh angin. Fitoplankton sebagai produsen primer di perairan memberikan sumbangan oksigen yang besar dalam perairan. Keberadaan fitoplankton akan memengaruhi populasi zooplankton.

Zooplankton sebagai organisme heterotrof seperti hewan lain di perairan sangat membutuhkan oksigen dalam respirasi dan proses metabolisme dalam tubuh. Tinggi rendahnya kandungan oksigen terlarut di perairan akan memengaruhi kehidupan makhluk hidup di dalamnya. Kisaran oksigen terlarut minimum di perairan sebesar 2 ppm (Salmin, 2005), tidak boleh kurang dari 1,7 ppm dalam kurun waktu 8 jam di perairan (HUET, 1970, dalam Salmin, 2005), sedangkan menurut KLH (dalam Salmin, 2005), oksigen terlarut sebesar 5 ppm baik bagi kehidupan biota laut. Zooplankton dapat bertahan hidup di perairan dengan kadar oksigen terlarut sebesar 2 mg/l, contohnya Porifera.

Nybakken (1988) mengemukakan bahwa penurunan kandungan oksigen terlarut di perairan disebabkan oleh pelepasan oksigen ke udara, aliran air tanah ke dalam perairan, adanya zat besi, reduksi yang disebabkan oleh desakan gas lainnya dalam air, respirasi biota dan dekomposisi bahan organik. Bagi aktivitas budi daya kandungan oksigen terlarut dalam media budi daya dipengaruhi oleh suhu, salinitas, kepadatan biota yang dibudidayakan, serta jenis pakan yang digunakan dalam pemeliharaan (Ekawati, 2005).

c. Salinitas

Salinitas adalah kandungan 1 gram garam dalam 1 kg air laut. Salinitas atau kadar garam identik dengan perairan laut. Semua biota perairan laut mampu hidup dengan kisaran salinitas yang besar. Salinitas di perairan laut dipengaruhi oleh penguapan, intrusi atau masukan air tawar, *mixing* atau pencampuran massa air, input air

sungai, posisi, dan besarnya wilayah laut, arus laut, kelembapan udara, dan kandungan mineral dalam air laut.

Salinitas merupakan parameter kimia perairan yang sangat memengaruhi kehidupan organisme di dalamnya. Wilayah perairan laut yang dekat dengan pesisir mengalami dinamika perubahan salinitas yang besar, terutama jika adanya muara sungai, daerah tersebut disebut estuari. Kondisi dinamika salinitas di wilayah estuari sangat memengaruhi kehidupan biota di lingkungan tersebut. Menurut Nybakken (1988), kisaran salinitas air laut adalah 30–35‰, estuari 5–35‰, dan air tawar 0,5–5‰. Romimohtarto dan Thayib (1982) menyatakan bahwa salinitas daerah pesisir (air pantai dan air campuran) berkisar antara 32,0–34,0‰ dan laut terbuka 33–37‰.

Sebagai organisme yang distribusinya luas di perairan dengan pergerakan yang sempit, zooplankton sangat dipengaruhi oleh salinitas di perairan. Distribusi zooplankton di semua lingkungan perairan menyebabkan adaptasi yang besar dari zooplankton terhadap dinamika salinitas di perairan darat maupun laut terutama perairan estuari. Beberapa penelitian mendapatkan adaptasi yang berbeda-beda dari zooplankton, antara lain Cartwright dkk. (2010, dalam Bayu dkk., 2019) mendapatkan kelas Hydrozoa di perairan laut dangkal dengan salinitas yang relatif tinggi; Richter dkk. (2001, dalam Bayu dkk., 2019) mendapatkan kelas Malacostraca dan Hoplonemertea di perairan sungai dan muara yang berarus kecil dan bersalinitas kecil-sedang; dan Anderson dkk. (2016, dalam Bayu dkk., 2019) menemukan kelas Tubulinea dan Hexanaulipa di perairan laut lepas bersalinitas tinggi. Khasanah dkk. (2013) mengemukakan bahwa komposisi zooplankton dipengaruhi fluktuasi salinitas di perairan.

Bayu dkk. (2019) mendapatkan distribusi zooplankton yang berbeda antara perairan tawar, estuari, dan air laut, di mana di perairan tawar didominasi oleh kelas Hydrozoa dan Malacostraca, di perairan laut ditemukan kelas Hexanaulipa yang mampu hidup dengan salinitas air laut, serta di estuari ditemukan zooplankton yang beradaptasi baik dengan salinitas estuari, yaitu ke-

las Maxillopoda, Tubulinea, dan Hoplonemertea. Hutabarat dkk. (2014) mengemukakan bahwa kelas zooplankton yang berbeda dapat ditemukan pada daerah yang berbeda sesuai dengan salinitasnya. Contohnya menurut Friendrich (1969), Copepoda dapat hidup pada kisaran salinitas berbeda, spesies *Acartia longiremis* dengan salinitas sebesar 6–35‰, *Centropages hamatus* dengan nilai salinitas 13–23‰, *Paracalanus parvus* dengan salinitas sebesar 19–34‰, dan *Acrocalanus gibber* dapat beradaptasi dengan salinitas 32–35‰.

RANGKUMAN

1. Plankton hewan atau zooplankton adalah hewan yang hidup di perairan dengan cara mengapung atau melayang dengan kemampuan gerak terbatas.
2. Zooplankton bersifat heterotrofik artinya tidak dapat menghasilkan makanan sendiri.
3. Zooplankton merupakan indikator kesuburan perairan karena merupakan makanan bagi semua jenis ikan dan biota perairan yang lebih tinggi dalam rantai makanan.
4. Reproduksi antara zooplankton terjadi seksual dan aseksual.
5. Zooplankton berdasarkan ukurannya terbagi tiga, yaitu mikroplankton, mesoplankton, dan makroplankton.
6. Berdasarkan kebiasaan makan, zooplankton terbagi enam, yaitu predator *gelatinous*, predator *raptorial*, herbivor penyaring mikro, herbivor gelatin, omnivor, dan detritivor.
7. Zooplankton terdiri dari Protozoa, Arthropoda, Moluska, Coelenterata, Chordata, Chaetognatha, dan nekton.
8. Zooplankton sebagai indikator kesuburan perairan merupakan sumber makanan bagi semua biota perairan tropik level di atasnya.
9. Parameter fisika dan kimia perairan merupakan parameter lingkungan yang memengaruhi zooplankton.

TES FORMATIF

1. Kelompokkan zooplankton berdasarkan ukuran, kebiasaan makan, dan daur hidup!
2. Berikan korelasi antara pengaruh faktor fisika dan kimia perairan terhadap kehidupan zooplankton!
3. Buatlah diagram reproduksi zooplankton!
4. Buatlah analisis peranan zooplankton dalam rantai makanan dalam mentransfer energi dari fitoplankton ke trofik level di atasnya!

TINDAK LANJUT

1. Jika mahasiswa tidak dapat menjawab tes formatif dengan baik (<50%), dianjurkan mempelajari kembali Bab IV.
2. Apabila mahasiswa dapat menjawab semua pertanyaan dengan baik, dapat melanjutkan pada bab berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, M., & Madyowati, A. O. (2017). *Biodiversitas plankton pada budidaya polikultur di Desa Sawohan Kecamatan Sedati Kabupaten Sidoarjo* [Laporan penelitian]. Universitas Dr. Soetomo.
- Arinardi, O. H. (1997). Status pengetahuan plankton di Indonesia. *Oceanologi dan Limnologi di Indonesia*, 30, 63–95.
- Arinardi, O. H., Sutomo, A. B., Yusuf, S. A., Trianingnsih, Asnaryanti, E., & Riyono, S. H. (1997). *Kisaran kelimpahan dan komposisi plankton dominan di perairan kawasan timur Indonesia*. P3O-LIPI Jakarta.
- Bayu, K. Y., Redjeki, S., & Suryono, C. A. (2019). Distribusi horizontal zooplankton berdasarkan salinitas di perairan Bonang Kabupaten Demak, Indonesia. *Journal of Marine Research*, 8(3), 322–327.
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan*. Kanisius.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

- Ekawati, A. W. (2005). *Budidaya makanan alami*. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya.
- Handayani, D. (2009). *Kelimpahan dan keanekaragaman plankton di perairan pasang surut Tambak Blanakan, Subang* [Skripsi tidak diterbitkan]. Jurusan Biologi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Huliselan, N. V., Pello, E. S., & Lewerissa, Y. A. (2006). *Planktonologi* (Buku Ajar). Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Pattimura.
- Huliselan, N. V., Wawo, M., Tuapattinaja, M. A., & Sahetapy, D. (2018). Distribusi zooplankton di perairan Teluk Kotania Kabupaten Seram bagian barat. *Jurnal TRITON*, 14(2), 41–49.
- Hutabarat, P. U. B., Redjeki, S., & Hartati, R. (2014). Komposisi dan kelimpahan plankton di perairan Kayome Kepulauan Togeana Sulawesi Tengah. *Journal of Marine Research*, 3(4), 447–455.
- Junaidi, Nurliah, & Azhar, F. (2018). Struktur komunitas zooplankton di perairan Kabupaten Lombok Utara Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), 159–169.
- Khasanah, R. I., Sartimbul, A., & Herawati, E. Y. (2013). Kelimpahan dan keanekaragaman plankton di perairan Selat Bali. *Indonesian Journal of Marine Sciences*, 18(4), 193–202.
- Kaswadji, R. (2001). *Keterkaitan ekosistem di dalam wilayah pesisir* [Sebagian bahan kuliah SPL.727] (Analisis Ekosistem Pesisir dan Laut). Fakultas Perikanan dan Kelautan IPB.
- Mulyadi, H. A., & Radjab, A. W. (2015). *Dinamika spasial kelimpahan zooplankton pada musim timur di perairan pesisir Morella, Maluku Tengah*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1), 109–122.
- Nontji, A. (1987). *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan.
- Nontji, A. (2008). *Plankton laut*. LIPI Press.
- Nybakken, J. W. (1988). *Biologi laut: Suatu pendekatan ekologis* (H. M. Eidman, Penerj.). Gramedia.
- Nybakken, J. W. (1992). *Biologi laut: Suatu pendekatan ekologis* (H. M. Eidman, Penerj.). Gramedia.
- Omori, M., & Ikeda, T. (1984). *Methods in marine zooplankton ecology*. John Wiley and Sons.

- Padang, A., Adriaanzs, J., & Sangadji, M. (2016). Komposisi dan kepadatan zooplankton di Teluk Ambon Dalam. *Jurnal AGRIKAN*, 9(1), 39–46.
- Pinel-Alloul, B., Patoine, A. & Marty, J. (2021). Multi-scale and multi-system perspectives of zooplankton structure and function in Canadian freshwaters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 78, 1543–1562. dx.doi.org/10.1139/cjfas-2020-0474
- Pratiwi, E. D., Koenawam, C. J., & Zulfikar, A. (2015). Hubungan kelimpahan plankton terhadap kualitas air di perairan Malang Rapat Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Umrab*.
- Romimohtarto, K., & Thayib, S. S. (1982). *Kondisi lingkungan pesisir dan laut di Indonesia*. Lembaga Oseanologi Nasional.
- Romimohtarto, K., & Juwana, S. (2004). *Meroplankton laut: Larva hewan laut yang menjadi plankton*. Penerbit Djambatan.
- Romimohtarto, K., & Juwana, S. (2009). *Biologi laut: Ilmu pengetahuan tentang biota laut*. Penerbit Djambatan.
- Salmin. (2005). Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan. *Jurnal Oseana*, 30(3), 21–26.
- Simanjuntak, M. (2009). Hubungan faktor lingkungan kimia, fisika terhadap distribusi plankton di perairan Belitung Timur, Bangka Belitung. *Jurnal Perikanan (J. Fish. Sci.)*, 11(1), 31–45.



BAB V

KOMUNITAS

HOLOPLANKTON

PENDAHULUAN

Pokok bahasan ini menelaah tentang siklus hidup dan bentuk dari holoplankton, mengklasifikasikan keragaman jenis, menganalisis distribusi dan habitat dari holoplankton serta peranannya di perairan.

CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

Setelah mempelajari materi komunitas holoplankton, mahasiswa diharapkan mampu mengelompokkan keanekaragaman dan karakteristik holoplankton di perairan.

SUBCAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

1. Mahasiswa mampu mengidentifikasi karakteristik dari holoplankton.
2. Mahasiswa mampu menganalisis keanekaragaman holoplankton.
3. Mahasiswa mampu memperjelas peranan holoplankton di perairan.

4. Mahasiswa mampu mendeteksi zooplankton yang berbahaya bagi manusia dan yang tidak berbahaya bagi manusia.

PETUNJUK BAGI MAHASISWA

Sebelum mempelajari materi pada bab ini, mahasiswa diharapkan sudah menguasai materi bab sebelumnya dan biologi laut.

A. Gambaran Umum Holoplankton

Holoplankton merupakan zooplankton sejati atau zooplankton yang selamanya hidup sebagai plankton. Menurut Omori dan Ikeda (1984), terdapat 4.685 spesies holoplankton yang terwakili oleh Cnidaria, Ctenophora, Moluska, Chaetognatha, Crustacea, Arthropoda, dan Chordata. Umumnya holoplankton merupakan zooplankton yang dominan di lautan. Hal ini disebabkan kelompok ini tidak mengalami perubahan/metamorfosis ke bentuk organisme yang lain, seperti meroplankton.

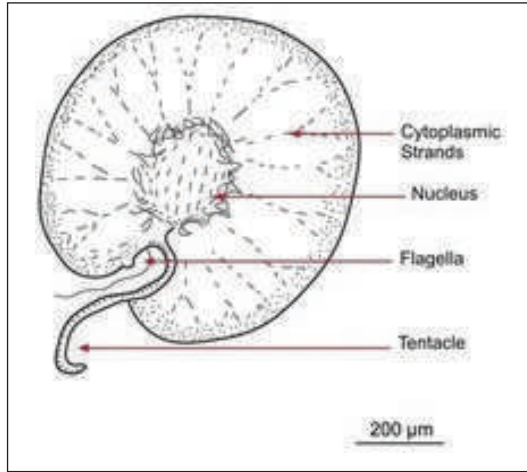
Holoplankton berperan mentransfer energi ke jenjang makanan yang lebih tinggi di laut. Protozoa sebagai plankton sejati dibagi menjadi empat kelas, yaitu Rhizopoda, Ciliata, Flagellata, dan Sporozoa (hidup sebagai parasit). Rhizopoda merupakan zooplankton yang mempunyai arti penting tidak hanya di laut, tetapi juga di air tawar. Rhizopoda terdiri dari beberapa ordo, yaitu Labosa, Filosa, Foraminifera, Radiolaria, dan Heliozoa.

B. Kelompok Holoplankton

Beberapa kelompok holoplankton yang mendominasi perairan adalah sebagai berikut.

1. Zooflagellata

Zooflagellata termasuk kelompok mikrozooplanton berukuran 2–5 mm dan heterotrofik karena umumnya tidak memiliki kloroplas, warna, dan pigmen tumbuhan lainnya. Sekitar 20–80% dari kelom-



Sumber: Noctiluca scintillans (2003)

Gambar 5.1 *Noctiluca scintillans*

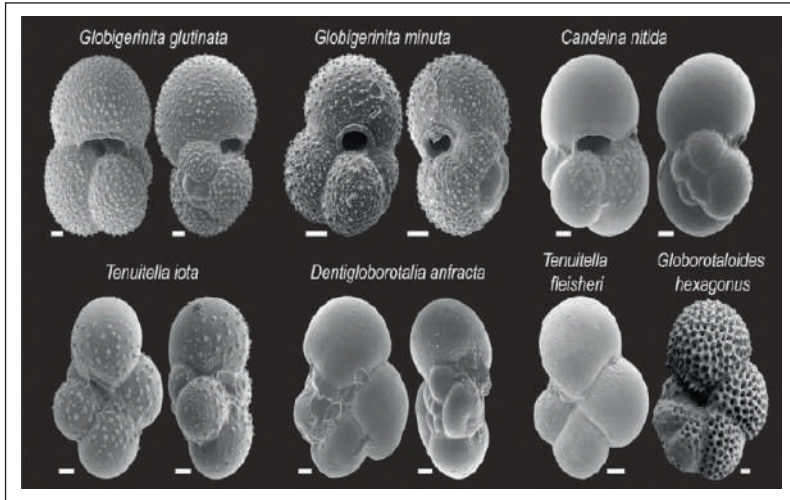
pok nanoplankton adalah Zooflagellata karena merupakan kelompok yang penting di lautan. Flagellata protista secara taksonomi disebut Zooflagellata yang bersel tunggal, termasuk dinoflagellata yang heterotrofik, misalnya *Noctiluca*.

Makanannya Diatom, flagellata lain, bakteri yang terbawa arus. Terdapat dalam jumlah yang besar di perairan dekat pantai dan merupakan makanan bagi zooplankton lain. Zooflagellata merupakan kelompok zooplankton yang penting di laut.

2. Foraminifera

Foraminifera atau ameba laut memiliki cangkang yang bagian dalam tubuhnya mengandung CaCO_3 . Dinding kerangka sel berpori terdiri dari serangkaian ruangan yang mengandung kapur (*calcareous*) serta berukuran $30\mu\text{m}$ sampai beberapa mm.

Makanannya berupa bakteri, fitoplankton, dan zooplankton berukuran kecil, seperti Copepoda yang tertangkap oleh *pseudopodia* (kaki semu) dari Foraminifera, yaitu alat yang menyerupai kaki yang dikeluarkan dari pori-pori pada dinding tubuhnya. Pergerakannya sangat



Sumber: Morard dkk. (2019)

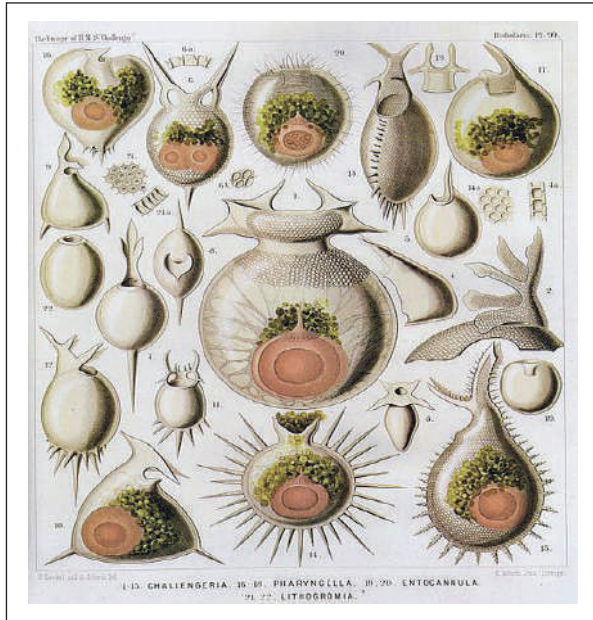
Gambar 5.2 Foraminifera

lambat. Foraminifera memiliki kurang lebih 4.000 spesies bentik dan 40 spesies planktonik. Foraminifera merupakan bahan makanan bagi invertebrata lainnya. Foraminifera bersimbiosis dengan organisme fotosintetik (Dinoflagellata, Chrysophyta).

Umumnya merupakan penghuni lapisan di atas 100 m dari kolom air. Cangkang dari Foraminifera yang telah mati dapat menghasilkan endapan kapur di dasar laut atau *Foraminifera ooze*. *Foraminifera ooze* adalah bentuk sedimen biogenous yang berasal dari mahluk hidup yang telah mati, seperti cangkang Foraminifera. *Foraminifera ooze* dapat digunakan sebagai indikator untuk eksplorasi minyak, biasanya berasosiasi dengan Radiolaria dan Diatom. Contohnya: *Globigerina bulloides*.

3. Radiolaria

Merupakan kelompok protozoa ameba, berbentuk bulat, berukuran 20 μ m sampai beberapa mm. Terdapat di semua lautan terutama di perairan oseanik dan melimpah di daerah temperate dan bersifat



Sumber: Murray (1873)

Gambar 5.3 Radiolaria

*omnivorou*s. Kerangkanya terdiri dari silikat (SiO_2) dan merupakan penghuni laut dalam.

Radiolaria mempunyai *pseudopodia* serta memakan mangsa dan mencernakannya di dalam kerangkanya. Kelompok ini kebanyakan berkoloni atau beberapa sel hidup berkelompok. Contoh dari genera dalam kelas Radiolaria yang bersifat planktonik antara lain, *Acanthometra*, *Auslophaera*, dan *Actinosphaerium*.

4. Cladocera

Cladocera merupakan zooplankton dengan ciri-ciri memiliki ruas tubuh kurang jelas serta terdapat 4–6 pasang lengan renang dengan antena yang bercabang. Cladocera berukuran 0,5–1 mm dan yang betina mempunyai kantung induk tempat dihasilkan telur. Cladocera yang umum dijumpai di perairan adalah genus *Penilia* dan *Evadne*.

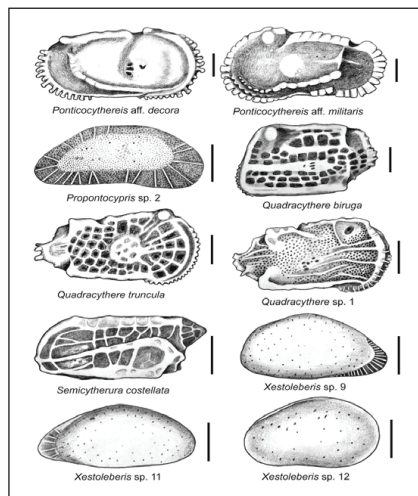


Sumber: Kulakov (2007)

Gambar 5.4 Cladocera

5. Ostracoda

Ostracoda merupakan holoplankton yang memiliki dua pasang lengan renang, kulitnya mengandung zat kapur, memiliki antena serta berukuran 1-2 mm. Planktonik Ostracoda maupun Crustacea lainnya merupakan sumber utama makanan bagi vertebrata lainnya di perairan. Contoh dari Ostracoda adalah genus *Pyrocypris* dan *Euchonchaecia*.



Sumber: Morley dan Hayward (2014)

Gambar 5.5. Ostracoda

6. Copepoda

Copepoda umumnya hidup secara bebas, memiliki ukuran tubuh yang kecil antara satu dan beberapa milimeter, gerakan renang lemah, memiliki kaki torakal dengan ciri khas gerakannya tersentak-sentak dalam aktivitas di perairan guna menghambat laju tenggelamnya, Copepoda menggunakan kedua antenanya. Copepoda mengonsumsi fitoplankton secara *filter feeding* menggunakan rambut-rambut halus yang terdapat di *apendiks* sekitar mulut guna menangkap fitoplankton.

Copepoda memiliki alat kelamin yang terpisah atau *gonochoris* di mana alat kelamin jantan dan betina terdapat pada individu yang berbeda. Reproduksi Copepoda secara seksual di mana sel kelamin jantan dipindahkan ke Copepoda betina dalam bentuk *spermatofor*. Telur hasil *fertilisasi* akan diletakan dalam kantung yang terdapat pada Copepoda betina. Larva yang dihasilkan disebut Nauplius. Larva Copepoda mencapai fase dewasa setelah mencapai beberapa stadium *Naupliar* dan stadium *Copepodit*.

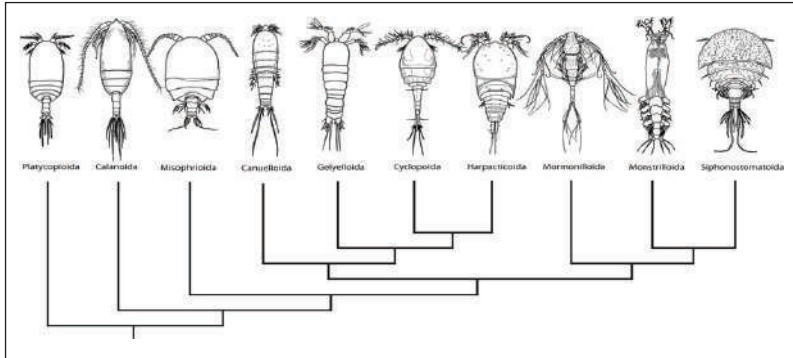
Berbagai spesies dari Copepoda merupakan spesies dominan dari zooplankton. Copepoda planktonik dan memiliki ruas tubuh jelas yang dibagi menjadi 2 bagian utama:

- 1) *metasome*, yang nampak lebih besar dengan 5 ruas;
- 2) *urosome*, kecil di bagian ekor, 1–5 ruas.

Ukuran panjang sekitar 0,5–5 mm dan dalam siklus hidupnya sedikitnya melalui tiga fase larva. Beberapa contoh dari Copepoda adalah *Monstrilloida*, *Harpacticoida*, *Cyclopoida*, dan *Calanoida*.

Copepoda merupakan wakil dari Crustacea dan predominan di perairan. Ia bersifat karnivor dan mengambil makanan dengan menggunakan *appendage*-nya. Ia berfungsi sebagai “*grazer*” di perairan karena memanfaatkan fitoplankton dan ditransferkan ke tingkat trofik lebih tinggi. Copepoda merupakan komunitas zooplankton di mana 70–90% merupakan zooplankton yang mendominasi perairan laut dan merupakan jenis zooplankton yang sangat digemari oleh larva ikan.

Copepoda memiliki kurang lebih 12.000 jenis dan distribusinya luas di semua perairan baik perairan payau, tawar, oseanik. Padang dkk.



Sumber: Khodami dkk. (2017)

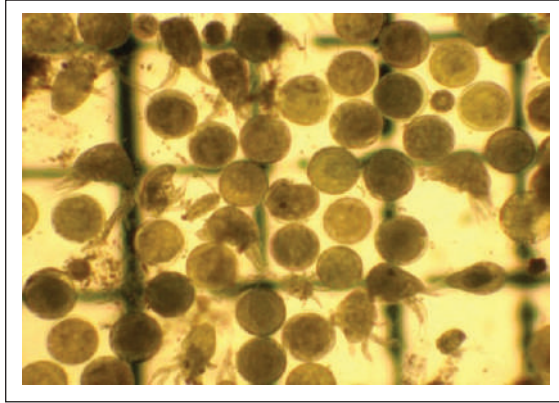
Gambar 5.6. Jenis-Jenis Copepoda

(2016), Latumeten dan Pello (2019), serta Sutoma (1989) mendapatkan populasi Copepoda cukup dominan di perairan Teluk Ambon Dalam.

Copepoda berukuran 0,5–2 mm dan terdiri dari ordo Calanoida, Cyclopoida, dan Harpacticoida. Calanoida bersifat planktonik (99 spesies), Cyclopoida hidup bentik maupun planktonik (250 spesies bersifat planktonik dari 1.000 spesies), dan Harpacticoida bersifat bentik (hanya 29 spesies bersifat planktonik).

7. Euphausiidae

Ruas abdomen menunjang ekornya yang bercabang, mata tidak mempunyai tangkai, kulit luar melindungi kepala, mempunyai insang yang sempurna. Ia mengeluarkan cahaya berwarna merah dari organ tubuhnya (*luminescent*), organ yang berbentuk seperti kancing mutiara. Contoh dari euphausiidae yaitu *Pseudeuphausia* dan *Euphausia* atau yang dikenal dengan nama “krill”, dijadikan sebagai sumber makanan penting bagi biota (fauna) laut.



Sumber: Siegel (t.t.)

Gambar 5.7 Euphausiidae

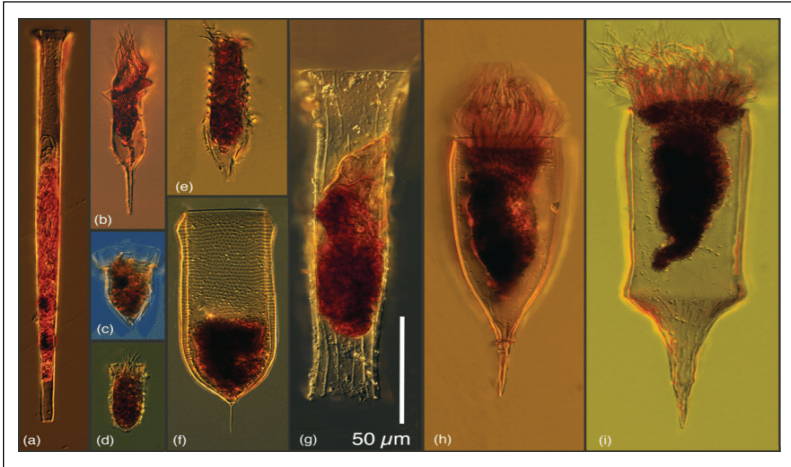
8. Ciliata

Ciliata terdistribusi luas di seluruh wilayah laut, sering ditemukan dalam jumlah yang besar. Beberapa jenis memiliki silia/bulu getar di sekitar mulut yang berfungsi untuk mengambil makanan. Umumnya mengonsumsi fitoplankton yang berukuran kecil, khususnya Diatom dan bakteri. Ia memiliki kurang lebih 1.000 spesies dan merupakan spesies laut, berukuran 20–640 μm .

Cangkang luarnya terlihat seperti gelas yang terdiri dari protein. Hal ini menyebabkan cangkang Ciliata tidak ditemukan di dasar perairan karena protein telah terdegradasi. Distribusinya sangat luas di perairan oseanik maupun neritik dan Tintinnida merupakan salah satu jenis Ciliata yang penting serta merupakan pemangsa bagi berbagai mesozooplankton. Bentuknya seperti piala, tabung, atau *bell* serta merupakan makanan bagi larva ikan, udang, dan Molusca. Tintinnida merupakan kelompok zooplankton yang memiliki peranan penting di lautan.

Makanan utama dari Tintinnida adalah Diatom dan Flagellata yang berfotosintesis. Tintinnida dapat mengonsumsi sekitar 4–60% dari produksi fitoplankton, kemudian Tintinnida akan dimangsa oleh kelompok mesozooplankton.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Keterangan: (a) *Salpingella* species, (b) *Albatrossiella* species, (c) *Ormosella* species, (d) *Amphorellopsis* species, (e) *Amphorellopsis* species, (f) *Favella aciculifera*, (g) *Daturella striata*, (h) *Xystonellopsis scyphium*, (i) *Parundella messinensis*.

Sumber: Dolan dkk. (2019)

Gambar 5.8 Ciliata

9. Medusae/Jellyfish

Medusae merupakan kelompok zooplankton yang juga disebut ubur-ubur sejati dari kelas Scyphozoa (Scyphomedusae). Distribusinya sangat luas, ditemukan di laut lepas maupun perairan pantai, dan beberapa bersifat sebagai holoplankton ada beberapa jenis juga bersifat meroplankton. Medusae merupakan zooplankton yang bersifat karnivor dan makanannya adalah berbagai jenis zooplankton yang ditangkap dengan tentakel yang dilengkapi dengan alat penyengat *neumatocyst*.

Ukuran tubuh medusae beberapa mm sampai 2 meter. Contoh Siphonophora (*Physalia*) yang disebut *Portuguese man of war* atau ubur-ubur api yang sengatannya pada manusia menimbulkan rasa panas dan kulit akan melepuh. Siphonophora dapat mengapung pada permukaan laut karena memiliki *pneumatophora* yang memproduksi gas sehingga dapat mengapung.



Sumber: Jellyfish (2016)

Gambar 5.9 Medusae

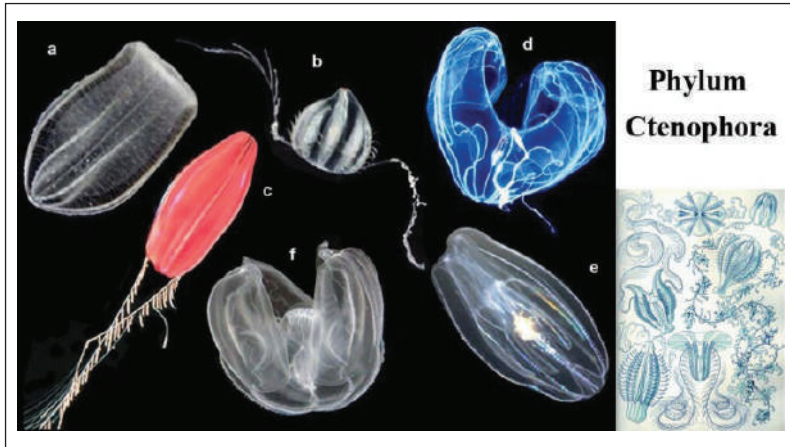
10. Ctenophora

Struktur tubuh Ctenophora transparan, bening, dan tidak bersegmen, serta merupakan organisme yang dapat berenang cepat dengan menggunakan silia berjumlah 8 baris. Sifat hidupnya soliter dan pelagis serta memiliki sedikit *neumatocyst* jika dibandingkan dengan Siphonophora.

Ia merupakan zooplankton yang bersifat karnivor dan makanannya adalah Copepoda, telur, dan larva ikan sehingga memengaruhi populasi ikan karena berkompetisi dengan larva ikan dalam mengonsumsi Copepoda. Berukuran 1–5 mm serta memiliki dua tentakel yang dilengkapi sel *coloblast* menghasilkan *mucus* untuk menangkap mangsa serta memiliki kurang lebih 100–150 spesies.

Berdasarkan taksonomi, Ctenophora memiliki kedekatan dengan Cnidaria dan umumnya hidup sebagai plankton. Filum Ctenophora merupakan organisme pemakan daging atau karnivor, yang mengambil makanannya dengan menggunakan tentakel yang terdapat di sekitar mulutnya. Nybakken (1992) menjelaskan bahwa Ctenophora meng-

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Keterangan: *Pelagic ctenophores*: (a) *Beroe ovata*, (b) *Euplokamis* sp., (c) *Nepheloctena* sp., (d) *Bathocyroe fosteri*, (e) *Mnemiopsis leidyi*, and (f) *Ocyropsis* sp.

Sumber: Neupane (2022)

Gambar 5.10 Ctenophora

gunakan silia yang besar yang disebut *stenes* dalam aktivitas pergerakannya dalam air. Bougis (1976) mengemukakan perbedaan mendasar antara Ctenophora dengan Cnidaria, yaitu Ctenophora tidak memiliki *nematocysts* atau sel penyengat seperti yang dimiliki Cnidaria, tetapi memiliki *coloblast* (sel pelengkap) yang berfungsi untuk menangkap makanannya dengan cara melekatkan mangsanya.

Sachlan (1982) menjelaskan tentang Ctenophora yang awalnya dikelompokkan satu filum dengan Cnidaria/Coelenterata, tetapi selanjutnya menjadi filum sendiri. Penyebabnya adalah ia tidak memiliki *nematocysts*, tetapi memiliki *ctenostenes* dengan struktur berbentuk sisir, tubuh transparan dan tidak memiliki warna/pigmen. Hutabarat dan Evans (1985) mengemukakan beberapa genus Ctenophora yang hidup di laut, yaitu *Pleurobrachia*, *Velamen*, *Beroe*.

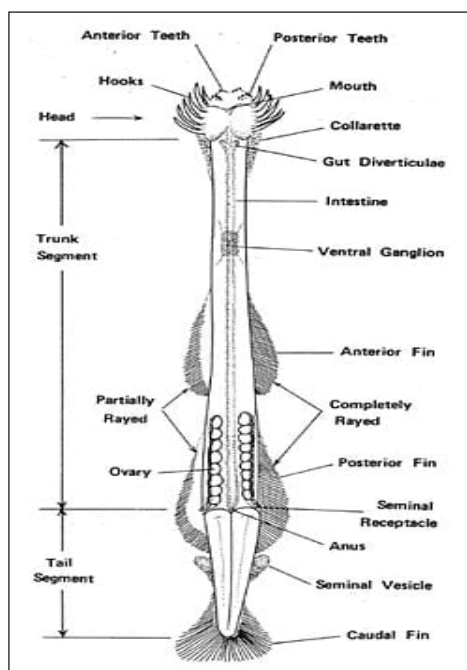
11. Chaetognatha

Chaetognatha berbentuk bilateral simetris, seperti cacing, dan menyerupai torpedo, serta bersifat *carnivora* dan *voracious predator*!

rakus. Keberadaannya akan sangat memengaruhi populasi larva ikan karena sangat rakus dalam mengonsumsi larva ikan dan makanan larva ikan, yaitu Copepoda. Chaetognatha merupakan organisme hermafrodit yang hanya hidup di laut. Bersifat kanibalisme dapat memangsa jenisnya sendiri.

Keberadaan Chaetognatha melimpah di perairan neritik maupun oseanis, di mana yang hidup di perairan neritik berukuran lebih kecil daripada perairan oseanis dan laut dalam. Padang dkk. (2016), Latumeten dan Pello (2019), Huliselan (2002), serta Sutoma (1989) mendapatkan bahwa populasi Chaetognatha cukup dominan di perairan Teluk Ambon Dalam yang merupakan perairan neritik.

Makanan Chaetognatha adalah sesama zooplankton, yaitu Copepoda, telur, dan larva ikan yang ditangkap dengan menggunakan serang-



Sumber: McLelland (1989)

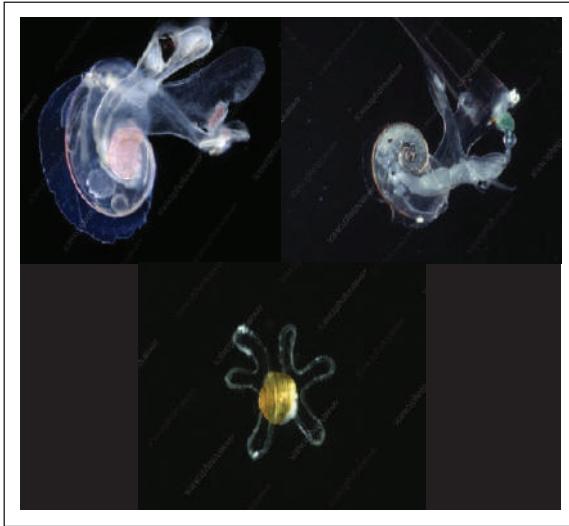
Gambar 5.11 Chaetognatha

Buku ini tidak diperjualbelikan.

kaian pengait yang terbuat dari kitin terletak di sekitar mulut. Terdiri dari tiga genera, yaitu *Sagitta*, *Krohitta* dan *Pterosagitta*. Chaetoganatha berukuran 4–10 cm dan bersifat *semelparous* artinya sekali bertelur kemudian induknya akan mati.

12. Heteropoda

Heteropoda merupakan kelompok gastropoda, memiliki 30 spesies. Ia bersifat karnivor, tubuhnya transparan seperti jeli, dan berukuran kurang lebih 50 cm. Makanannya moluska planktonik, cangkangnya mengandung CaCO_3 , sehingga jika mati dapat membentuk lapisan kapur di dasar perairan (sedimen ooze).

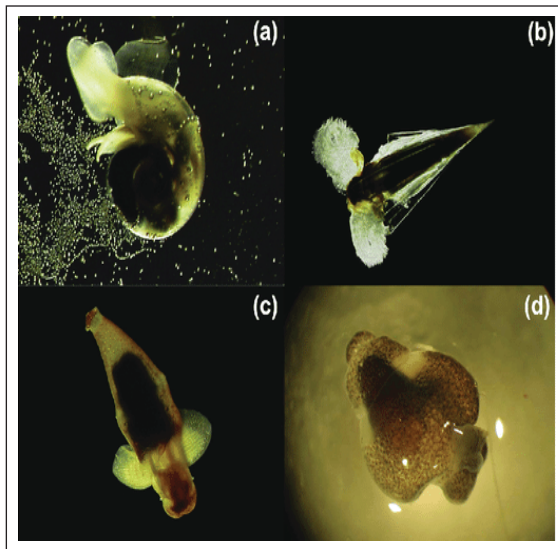


Sumber: Egmond (t.t.)

Gambar 5.12 Heteropoda

13. Pteropoda/Thecosoma

Merupakan siput yang bersifat planktonik serta cangkangnya sangat tipis, berkapur, dan berukuran beberapa mm hingga 30 mm. Terbagi dua ordo, yaitu bercangkang (Thecosomata) dan telanjang/tidak bercangkang (Gymnosomata). Thecosomata bersifat *suspension feeder*, menangkap mangsa dengan menggunakan lendir. Makanannya fitoplankton, zooplankton, dan detritus. Thecosomata melimpah di daerah neritik dan merupakan makanan bagi ikan pelagis. Thecosomata merupakan makanan juga bagi Gymnosomata. Gymnosomata memiliki lebih 50 spesies dan berukuran besar dapat mencapai 85 mm. Gymnosomata menggunakan tentakel dengan kaitannya yang keras untuk menangkap mangsa, dengan cara melepaskan bagian tubuh mangsanya yang lunak dari cangkangnya, kemudian ditelan.



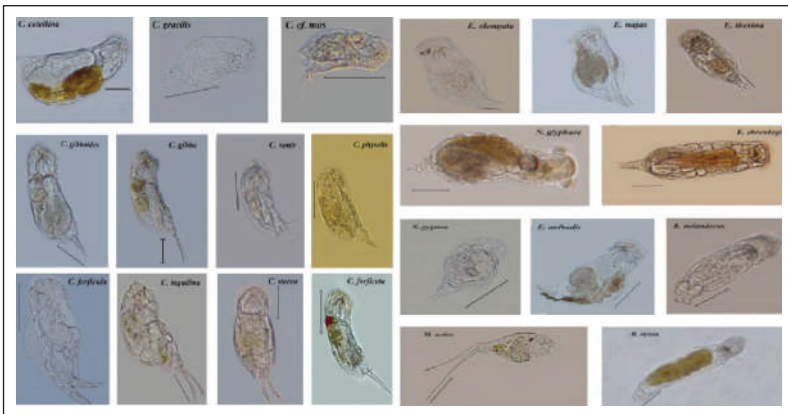
Keterangan: (a) *Limacina helicina f. antarctica* (shedding eggs), (b) *Clio pyramidata f. sulcata*; naked (gymnosome) species, (c) *Clione limacina antarctica*, dan (d) *Spongiobranchaea australis*.

Sumber: Loeb dan Santora (2013)

Gambar 5.13 Pteropoda/Thecosoma

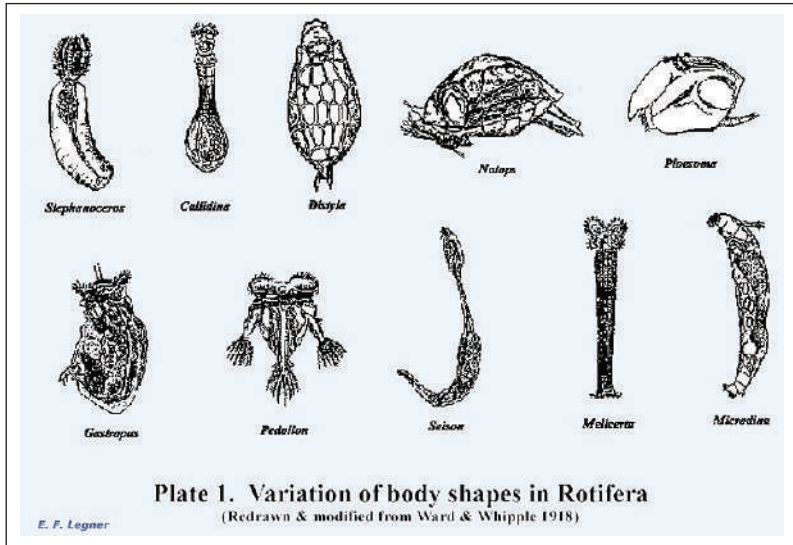
14. Rotifera

Rotifera (*Brachionus plicatilis*) adalah kelompok zooplankton yang umumnya digunakan sebagai pakan larva ikan laut, udang, dan kepiting (Watanabe dkk., 1983; Danakusumah & Imanto, 1987). Rotifera berperan penting dalam budi daya sebagai pakan hidup bagi berbagai jenis ikan. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Sorgeloos (1992) bahwa Rotifera sangat diperlukan dalam budi daya ikan, dimanfaatkan sebagai pakan ikan yang dibudidayakan saat fase larva karena ukuran tubuhnya sesuai dengan bukaan mulut larva. Pentingnya Rotifera dalam budi daya ikan menyebabkan diperlukan teknologi dalam memproduksi secara massalnya demi ketersediaan pakan hidup bagi larva ikan yang dibudidayakan. Salah satu teknik pemeliharaan Rotifera jenis *Brachionus plicatilis* dengan memberikan pakan ragi dalam pemeliharaannya (Padang dkk., 2017). Selain ragi sebagai pakan buatan, juga diberikan pakan alami, yaitu beberapa jenis fitoplankton. Padang dkk. (2013) mendapatkan selama pemeliharaan bahwa Rotifera memanfaatkan *Chlorella* sp., *Coccolithophore* sp., dan *Tetraselmis* sp. sebagai pakannya.



Sumber: Malekzadeh-Viayeh (2010)

Gambar 5.14 Beberapa Jenis Rotifera



Sumber: Legner (t.t.)

Gambar 5.15 Rotifera

RANGKUMAN

1. Holopankton atau plankton sejati, yaitu zooplankton yang seluruh siklus hidupnya sebagai plankton.
2. Holopankton terwakili oleh Cnidaria, Ctenophora, Moluska, Chaetognatha, Crustacea, Artropoda, Chordata.
3. Holoplankton berperan dalam mentransfer energi ke jenjang makanan yang lebih tinggi di laut.
4. Zooflagellata merupakan jenis-jenis organisme heterotrofik karena hampir tidak mempunyai *chloroplas* sehingga tidak dapat berfotosintesis.
5. Radiolaria dan Foraminifera merupakan kelompok holoplankton yang dapat membentuk sedimen biogenous di dasar laut.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

6. Copepoda merupakan komunitas zooplankton di mana 70–90% merupakan zooplankton yang mendominasi perairan laut dan merupakan jenis zooplankton yang sangat digemari oleh larva ikan.
7. Chaetognatha dan Ctenophora merupakan kelompok holoplankton yang sangat memengaruhi populasi larva ikan di perairan.

TES FORMATIF

1. Rumuskan peranan holoplankton di perairan!
2. Ilustrasikan beberapa kelompok holoplankton yang dapat membentuk sedimen biogenous!
3. Chaetognatha dan Ctenophora memengaruhi populasi larva ikan di perairan, analisislah pernyataan ini dengan tepat!
4. Buatlah diagram siklus reproduksi dari Copepoda!
5. Zooflagellata disebut organisme heterotrofik. Buatlah analisis tentang pernyataan tersebut!

TINDAK LANJUT

1. Jika mahasiswa belum dapat menjawab dengan benar (<50%), dianjurkan mempelajari kembali Bab V.
2. Apabila mahasiswa dapat menjawab semua pertanyaan dengan baik, dapat melanjutkan pada bab berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Bougis, P. (1976). *Marine plankton ecology*. American Elsevier Publishing Company, Inc.

- Danakusumah, E., & Imanto, P. T. (1987). *Pakan alami dalam usaha pembenihan ikan dan udang*. Sub Balai Penelitian Budidaya Pantai Bojonegara-Serang.
- Dolan, J. R., Ciobanu, M., Marro, S., & Coppola, L. (2019). An exploratory study of heterotrophic protists of the mesopelagic Mediterranean Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 76(3), 616–625. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx218>.
- Egmond, W. V. (t.t.). *Heteropod (Atlanta)*. Science Photo Library. Diakses pada 27 Agustus, 2021, dari <https://www.sciencephoto.com/media/454853/view/heteropodatlanta->.
- Huliselan, N. V. (2002). The role of zooplankton predator, Chaetognaths (Sagitta Spp) in Baguala Bay Waters, Ambon Island. *Journal of Coastal*, 6(1), 9–21.
- Hutabarat, S., & Evans, S. M. (1985). *Pengantar oseanografi*. Universitas Indonesia Press.
- Khodami, S., McArthur, J. V., Blanco-Bercial, L., & Arbizu, P. M. Molecular phylogeny and revision of Copepod orders (Crustacea: Copepoda). *Scientific Reports*, 7(1), 9164. DOI: 10.1038/s41598-017-06656-4.
- Kulakov, D. (2007). *Cladocera: Eurycerus lamellatus*. Diakses pada 27 Agustus, 2021, dari <https://www.flickr.com/photos/dvkulakov/15767385568>.
- Legner, E. F. (t.t.). *Invertebrate zoology*. Discoveries in Natural History & Exploration. Diakses pada 27 Agustus, 2021, dari <http://www.faculty.ucr.edu/~legnerref/invertebrate/rotifera.htm>
- Latumeten, J., & Pello, F. S. (2019). Komposisi, kepadatan, dan distribusi spasial zooplankton pada musim barat (Desember-Februari) di perairan Teluk Ambon Dalam. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan 2019*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura.
- Loeb, V., & Santora, J. (2013). Pteropods and climate off the Antarctic Peninsula. *Progress in Oceanography*, 116, 31–48. https://www.researchgate.net/figure/Shellled-thecosome-pteropod-species-a-Limacina-helicina-f-antarctica-shedding-eggs_fig1_260700297

- Maklay62. (2016). *Jellyfish, Jellyfish collage*. Pixabay. Diakses pada 27 Agustus, 2021, dari <https://pixabay.com/illustrations/jellyfish-jellyfish-collage-1502402/>.
- Malekzadeh-Viayeh, R. (2010). An overview of the rotifers of the family Notommatidae (Rotifera: Monogononta: Ploima) from Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8(2), 127-139.
- McLelland, J. A. (1989). An illustrated key to the Chaetognatha of the northern Gulf of Mexico with notes on their distribution. *Gulf Research Reports*, 8(2), 145-172.
- Morard, R., Vollmar, N. M., Greco, M., & Kucera, M. (2019). Unassigned diversity of planktonic Foraminifera from environmental sequencing revealed as known but neglected species. *PLoS ONE*, 14(3), e0213936. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213936>
- Morley, M. S., & Hayward, B. W. (2014). Biodiversity and distribution of Ostracoda, Foraminifera, and Micromollusca of Matai Bay, Northland. *Records of the Auckland Museum*, 49, 55-80. https://www.researchgate.net/publication/270822312_Biodiversity_and_distribution_of_Ostracoda_Foraminifera_and_Micromollusca_of_Matai_Bay_Northland
- Murray, J. (1873). *Radiolaria*. Wikimedia Commons. Diakses dari <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radiolaria.jpg>.
- Neupane, L. (2022, April 12). *Phylum Ctenophora-characteristics, classification, examples*. The Biology Notes. <https://thebiologynotes.com/phylum-ctenophora/>
- Nybakken, J. W. (1992). *Biologi laut: Suatu pendekatan ekologis*. Gramedia.
- Omori, M., & Ikeda, T. (1984). *Methods in marine zooplankton ecology*. John Willey and Sons.
- Padang, A., La Rajaku, & Sangadji, M. (2013). Pemberian pakan fitoplankton yang berbeda terhadap kepadatan Rotiferaa *Brachionus plicatilis* skala laboratorium. *Jurnal AGRIKAN*, 6(2), 44-48.
- Padang, A., Adriaanzs, J., & Sangadji, M. (2016). Komposisi dan kepadatan zooplankton di Teluk Ambon Dalam. *Jurnal AGRIKAN*, 9(1), 39-46.
- Padang, A., Subiyanto, R., Marwa, & Aditya, F. (2017). Pengaruh pemberian pakan ragi metode tetes dengan dosis yang berbeda terhadap kepadatan

Brachionus plicatilis. *Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan*, 10(2), 22–28.

Sachlan, M. (1982). *Planktonologi*. UNDIP.

Siegel, V. (t.t.). *Euphausiidae Dana, 1850*. World Register of Marine Species. Diakses pada 27 Agustus, 2021, dari <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=110671>

Sutomo. (1989). *Zooplankton di perairan depan mangrove Teluk Ambon Bagian Dalam*. Teluk Ambon II Biologi, Perikanan, Oseanografi, dan Geologi. Balai Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

The UK Harmful Plankton Project. (2003). *Noctiluca scintillans (Macartney) Kofoed and Swezy, 1921*. https://planktonnet.awi.de/index.php?contenttype=image_details&itemid=14955#content

Watanabe T., Kitajima, C., & Fujita, S. (1983). Nutritional value of live organism used in Japan for mass propagation of fishes review. *Aquaculture*, 34, 115–143.



BAB VI

KOMUNITAS MEROPLANKTON

PENDAHULUAN

Pokok bahasan ini menelaah tentang siklus hidup dan bentuk dari meroplankton, keragaman jenis meroplankton, dan faktor lingkungan yang memengaruhi zooplankton.

CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

Setelah mempelajari materi komunitas meroplankton, mahasiswa diharapkan dapat mengelompokkan serta menganalisis keanekaragaman dan karakteristiknya di perairan.

SUBCAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

1. Mahasiswa mampu menganalisis karakteristik dari meroplankton.
2. Mahasiswa mampu mengidentifikasi keanekaragaman meroplankton.
3. Mahasiswa mampu merumuskan peranan meroplankton di perairan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

PETUNJUK BAGI MAHASISWA

Sebelum mempelajari materi pada bab ini, mahasiswa diharapkan sudah menguasai materi bab sebelumnya dan biologi laut.

A. Gambaran Umum Meroplankton

Meroplankton adalah zooplankton yang sebagian daur hidupnya hidup melayang, mengapung dengan gerakan yang terbatas sebagai plankton sehingga bukan merupakan kelompok zooplankton yang tetap di perairan. Meroplankton meliputi larva invertebrata benthik, chordata benthik, dan nekton (ichthyoplankton). Pada perairan estuari dan perairan pantai, meroplankton dari invertebrata benthik memiliki kelimpahan yang tinggi dalam perairan.

Meroplankton memiliki bentuk yang sangat berbeda dari bentuk induk. Tanda-tanda untuk mengidentifikasi larva tidak sama dengan bentuk induknya. Untuk mengidentifikasi larva udang digunakan tanda kaki, bulu, dan ruas badan. Identifikasi kepiting berdasarkan bentuk tubuh, bintik pigmen, dan vertebra, sedangkan identifikasi telur dan larva ikan berdasarkan gelembung minyak dan kuning telur.

Para ahli ekologi benthik membedakan tiga tipe larva plankton dari invertebrata benthik, yaitu

- 1) larva *planktotrophic*: kelompok larva selama fase larvanya hanya mengonsumsi plankton yang berukuran kecil;
- 2) larva *lecithotrophic*: kelompok larva yang menggunakan sumber makanan yang tersimpan dari telur (*yolk*) untuk perkembangannya;
- 3) larva *planktotrophic fakultatif*: kelompok larva selain mengonsumsi plankton berukuran kecil selama fase larvanya, tetapi juga memiliki sediaan kuning telur yang cukup untuk perkembangan dan metamorfosis.

Tipe larva bentik memiliki kelebihan dan kekurangan bagi organisme bentik selama fase meroplankton di perairan.

Tabel 6.1 Kelebihan dan Kelemahan Tipe Larva

Kelebihan	Kelemahan
<p>Larva Planktotrophic</p> <p>Memproduksi telur dalam jumlah yang banyak, larva terdistribusi jauh dari induknya, dan lama menjalani hidup selama fase plankton.</p>	<p>Larva Planktotrophic</p> <p>Kehidupan sebagai plankton sangat tergantung adanya nutrisi, ketidakpastian kondisi perairan, lama hidup sebagai plankton menyebabkan dapat dimangsa oleh predator.</p>
<p>Larva Lecithotrophic</p> <p>Kemungkinan dimangsa predator lebih kecil karena menjalani fase larva yang singkat, tidak terganggu adanya ketidakstabilan makanan selama hidup sebagai plankton.</p>	<p>Larva Lecithotrophic</p> <p>Memproduksi telur lebih sedikit sehingga diperlukan energi yang lebih banyak pada setiap telur yang dihasilkan induk. Kehidupan yang singkat sebagai plankton menyebabkan tidak terdistribusi jauh, dan terancam serangan predator.</p>
<p>Larva Non-Pelagic</p> <p>Tidak mengalami fase plankton sehingga terhindar dari serangan predator.</p>	<p>Larva Non-Pelagic</p> <p>Telur yang dihasilkan oleh induk sangat sedikit dan berukuran agak besar. Dalam memproduksi telur, diperlukan energi yang sesuai dan cenderung menetap atau tidak menyebar.</p>

Sumber: Huliselan dkk. (2006)

Tabel 6.1 menjelaskan tentang kelebihan dan kekurangan dari organisme bentik selama mengalami fase larva sebagai organisme meroplankton. Tipe *planktotrophic fakultatif* tidak lagi dijelaskan dalam tabel karena tipe ini merupakan tipe ideal yang ada di antara kedua tipe, yaitu planktotrophic dan lecithotrophic.

B. Kelompok Meroplankton

Meroplankton merupakan kelompok yang cukup penting di perairan meskipun tidak dominan di perairan seperti kelompok holoplankton. Hal ini disebabkan meroplankton akan mengalami metamorfosis ke bentuk organisme lainnya, yaitu nekton dan bentos.

1. Ichthyoplankton

Dari vertebrata, terdapat dua kelas ikan, yaitu

- 1) Chondrichthyes, merupakan ikan bertulang rawan, memiliki 275 spesies; dan
- 2) Osteichthyes, merupakan ikan bertulang sejati, dengan jumlah spesies kurang lebih sebanyak 25.000 spesies.

Ichthyoplankton merupakan meroplankton yang bersifat planktonik hanya pada saat larva. Masa planktonik bergantung pada spesies ikan dan faktor lingkungan (cahaya, suhu, salinitas, dan pH). Telur ikan berbentuk bulat dan memanjang dengan embrio berukuran kurang lebih 1–2,5 mm, pada saat masih larva mempunyai kantung telur sebagai cadangan makanan. Larva ikan setelah beberapa hari akan tumbuh mempunyai sirip ataupun beruas seperti bentuk tubuh induknya.

2. Larva udang

Udang-udang, lobster, kepiting termasuk juga dalam kelas Crustacea (dengan jumlah berkisar 25.000 spesies), mempunyai sepasang mata dan antena, serta mayoritas hidup di laut. Larva berbagai jenis udang atau dikenal sebagai Nauplius, bersifat planktonik, berukuran sekitar 0,25–0,5 mm, mempunyai telson dengan kulit yang tumbuh sebagian, misalnya Penaeidae, Palaemonidae, dan Brachyura.

3. Larva Moluska

Termasuk dalam phylum Moluska, antara lain kelas Gastropoda, Bivalvia, dan Cephalopoda (termasuk invertebrata yang sempurna, misalnya cumi-cumi). Larva moluska dikenal sebagai *Veliger* berbentuk sebagai *Trochophore* ditutupi oleh bulu getar (silia), panjangnya berkisar antara 200–500 μm .

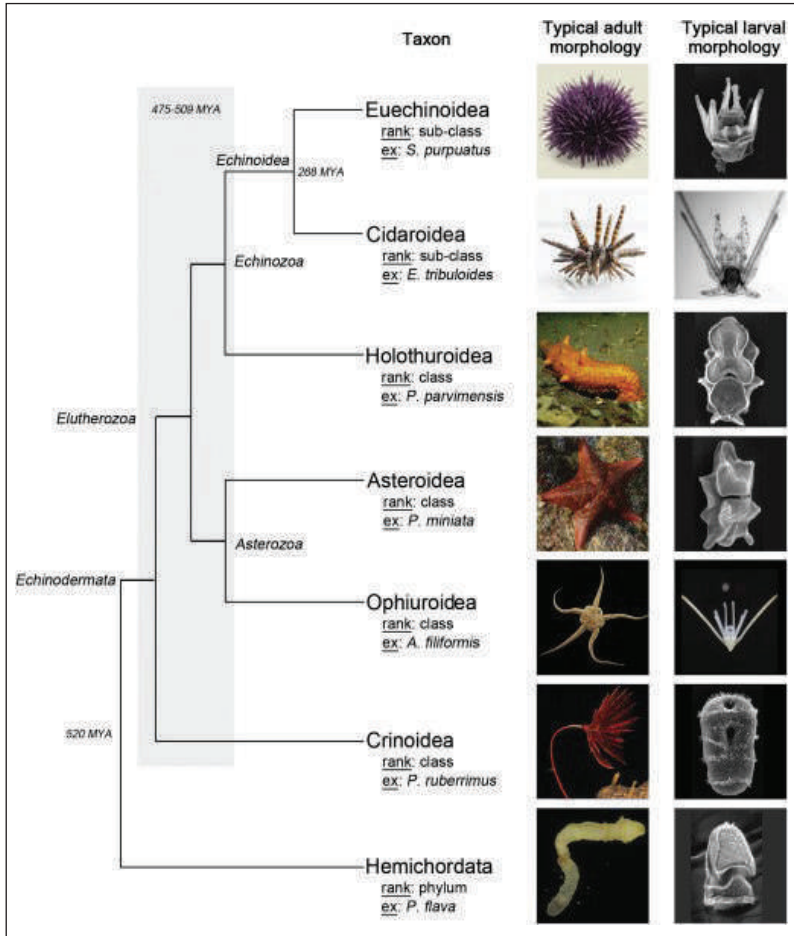
Tabel 6.2 dapat menjelaskan fase perkembangan larva dari berbagai hewan laut yang mengalami fase meroplankton.

Tabel 6.2 Kelompok Hewan Meroplankton dan Nama Fase

Kelompok Hewan	Nama Fase
Porifera	Amphiblastula
Cnidaria	Stereoblastula
Coelenterata	Actinula
Platyhelminthes	Ephyra
Annelida	Planula
	Muller
	Trochophore
Echinodermata	Ophiopluteus
	Echinopluteus
	Auricularia
	Doliolaria
	Brachiolaria
Crustacea	Bipinnaria
	Nauplius
	Zoea
Molusca	Mysis
	Trochopore
Chordata	Veliger
	Tornaria
	Asmosetes

Sumber: Romimohtarto dan Juwana (2004)

Bentuk larva umumnya berbeda dari bentuk organisme setelah dewasa, contohnya filum Echinodermata dapat dilihat pada Gambar 6.1.

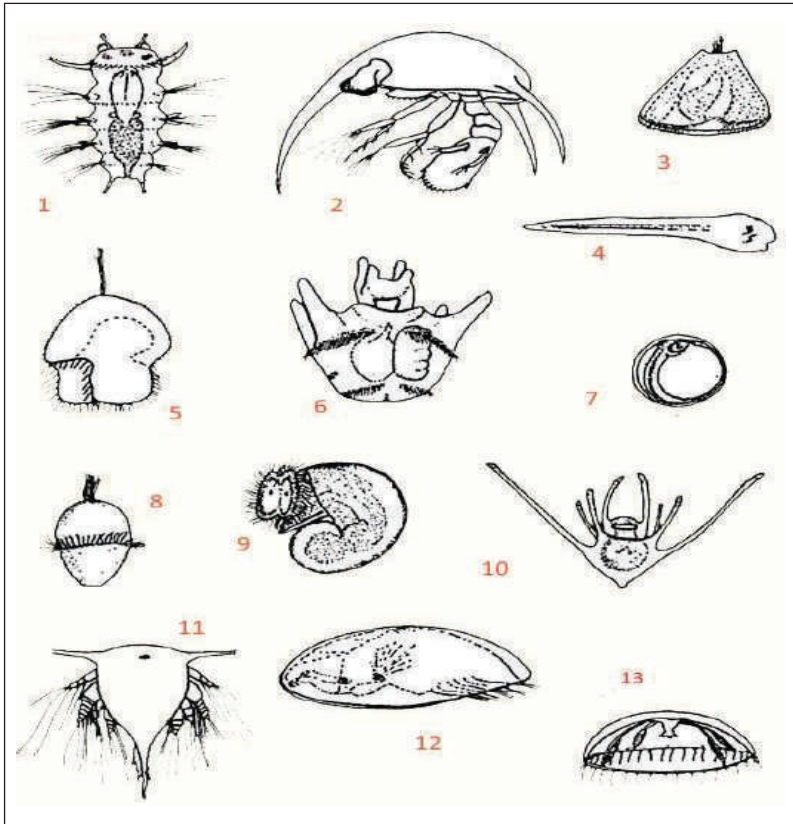


Sumber: Cary dan Hinman (2017)

Gambar 6.1 Fase Larva Echinodermata

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Beberapa bentuk meroplankton yang hidup di perairan dapat dilihat pada Gambar 6.2.



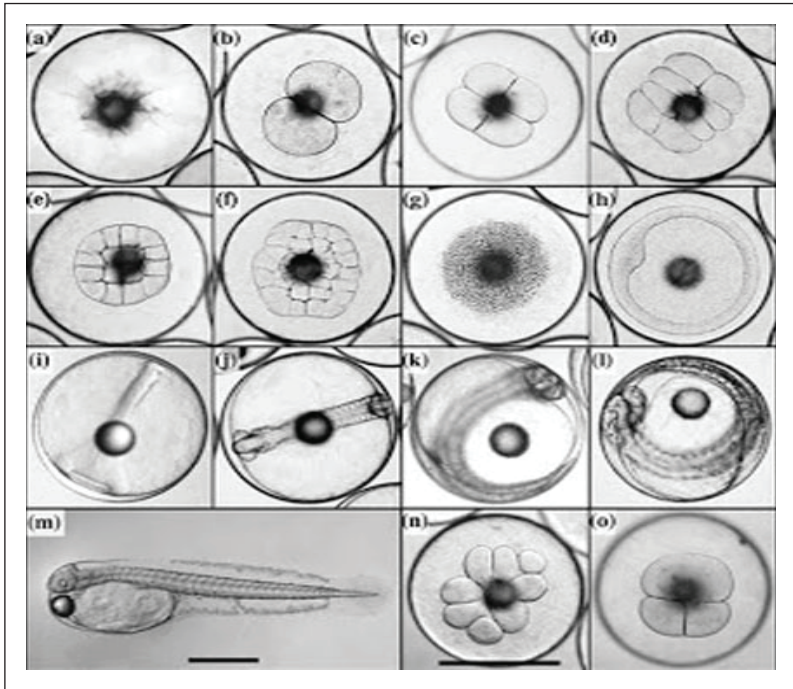
Keterangan: 1. chaetate larva of the annelid *Platynereis agassizi*; 2. zoea of sand crab *Emerita analoga*; 3. cyphonautes larva of bryozoa; 4. tadpole larva of sessile tunicate; 5. pilidium larva of nemertean worm; 6. advanced pluteus larva of sea urchin; 7. fish egg with embryo; 8. trochophore larva of scaleworm; 9. veliger larva of snail; 10. pluteus larva of brittle star; 11. nauplius larva of barnacle; 12. cypris larva of barnacle; 13. medusa of hydroid

Sumber: The pea urchin (2021)

Gambar 6.2 Beberapa Jenis Meroplankton

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Gambar 6.3 menjelaskan tahapan perkembangan telur ikan sampai menjadi larva yang merupakan fase meroplankton dari nekton.



Keterangan: Tahap-tahap perkembangan dan pembelahan yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*): (a) pra-rengkah; (b) 2 sel; (c) 4 sel; (d) 8 sel; (e) 16 sel; (f) 32 sel; (g) pertengahan-tahap blastula; (h) gastrula; (i) penampilan embrio; (j) 20 myomere embrio; (k) embrio maju; (l) menetas pra-embrio; (m) larva 4 jam posthatch; (n) pembelahan asimetris di blastula; (o) tidak jelas margin sel dalam blastula.

Sumber: Agriefishery (2012)

Gambar 6.3 Fase Perkembangan Telur Ikan

C. Faktor Lingkungan yang Memengaruhi Meroplankton

Faktor-faktor lingkungan laut yang memengaruhi kehidupan larva sebagai berikut.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

1. Faktor Fisik

Beberapa faktor fisik perairan yang memengaruhi kehidupan meroplakton di laut, yaitu suhu, arus, dan kekeruhan.

a. Suhu

Suhu air adalah parameter oseanografi yang sangat memengaruhi kehidupan organisme di perairan laut sebagaimana pernyataan Hutabarat dan Evans (1988) bahwa kehidupan organisme di lautan sangat dipengaruhi oleh suhu air dalam kegiatan metabolisme dan reproduksi. Hal yang sama juga dikemukakan oleh Odum (1971) bahwa suhu air memengaruhi metabolisme dan respirasi biota perairan. Semua makhluk hidup memiliki kemampuan adaptasi terhadap suhu di lingkungannya (Shetty dkk., 1961).

Di perairan laut, suhu air memengaruhi kehidupan meroplankton. Berbeda-beda antar satu jenis dengan jenis yang lain. Kemampuan adaptasi yang besar terhadap suhu air terjadi jika telur dan larva hewan laut telah berukuran lebih besar. Romimohtarto dan Juwana (2009) mengemukakan bahwa pertumbuhan larva dipengaruhi oleh suhu air laut di mana pada suhu yang lebih tinggi maka larva akan mengalami pertumbuhan lebih cepat. Suhu optimum bagi perkembangan plankton sebesar 20–30°C (Ray & Rao, 1964).

Kennish (1990) mengemukakan bahwa secara fisiologis dan ekologis, suhu air berperan penting dalam keberadaan zooplankton. Perbedaan suhu perairan secara fisiologis memengaruhi fekunditas, lama hidup, dan ukuran dewasa zooplankton. Sedangkan secara ekologis menyebabkan perbedaan komposisi dan kelimpahan zooplankton. Krebs (1985) menyatakan bahwa suhu memengaruhi siklus hidup organisme, distribusi organisme, kelangsungan hidup, reproduksi, perkembangan dan kompetisi. Sedangkan Dawes (1981) berpendapat bahwa suhu yang ideal bagi biota laut sebesar 20–35°C dengan fluktuasi tidak lebih dari 5°C.

Suhu perairan laut juga menyebabkan perubahan parameter lingkungan lainnya, seperti dikemukakan oleh Wardoyo (1982) bahwa makin tinggi suhu, kadar garam, dan tekanan parsial gas-gas yang terlarut dalam air maka kelarutan oksigen akan berkurang.

b. Arus

Arus adalah gerakan air yang disebabkan oleh angin. Zooplankton merupakan organisme yang pergerakannya terbatas meskipun ukurannya lebih besar dari fitoplankton sehingga penyebarannya di perairan juga dipengaruhi oleh arus sehingga Odum (1971) menyatakan bahwa faktor utama yang membatasi distribusi biota dalam perairan adalah arus. Arus laut dapat mendistribusikan larva planktonik ke wilayah perairan yang jauh dari habitat asalnya (Achir dkk., 2017).

Arus berperan penting dalam menentukan pergerakan dan distribusi plankton di perairan. Ekosistem mangrove sebagai salah satu wilayah penting di pesisir berfungsi sebagai daerah *spawning ground*, *nursery ground*, dan *feeding ground* memiliki populasi meroplankton yang tinggi. Di ekosistem mangrove, dinamika arus pasang surut berpengaruh nyata terhadap distribusi meroplankton.

Hawkes (1979) berpendapat bahwa arus adalah sarana transportasi bagi makanan maupun oksigen yang dibutuhkan organisme perairan. Selain itu, aktivitas migrasi vertikal zooplankton dari lapisan permukaan ke lapisan yang lebih dalam juga dipengaruhi oleh arus sehingga menyebabkan terjadinya transfer energi ke lapisan perairan yang lebih dalam (Hutabarat & Evans, 1986; Nybakken, 1992).

c. Kekeruhan

Ukuran biasan cahaya di dalam air yang dipengaruhi adanya partikel koloid dan suspensi yang terkandung dalam air disebut kekeruhan (Wardoyo, 1982). Selanjutnya, Wardoyo (1982) juga mengemukakan bahwa warna air umumnya dipengaruhi oleh senyawa organisme nabati, seperti tanin, asam humus, gambut, plankton, dan tanaman air. Kekeruhan berlawanan dengan kecerahan air.

Alaerts dan Santika (1984) berpendapat bahwa kekeruhan merupakan sifat optik dari suatu larutan, yaitu hamburan dan absorpsi cahaya yang melaluinya dan tidak dapat dihubungkan secara langsung antara kekeruhan dan kadar semua zat suspensi karena bergantung juga kepada ukuran dan bentuk butir.

Selanjutnya Boyd (1979) menyatakan suspensi partikel di dalam air menyebabkan terjadinya kekeruhan, di mana secara langsung maupun tidak langsung akan memengaruhi kehadiran organisme perairan. Kekeruhan yang tinggi mengakibatkan pertumbuhan organisme di lingkungan perairan yang jernih menjadi terhambat sehingga menyebabkan kematian karena gangguan pernapasan (Michael, 1994).

Kekeruhan yang tinggi mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi organisme perairan misalnya pernapasan dan daya lihat organisme akuatik termasuk zooplankton sehingga berdampak bagi reproduksi meroplankton dan juga dapat mengakibatkan kematian (Effendie, 1997). Menurut Baka (1996), kekeruhan perairan yang kurang dari 5 NTU tergolong perairan yang jernih.

Perairan pesisir memiliki kekeruhan yang tinggi terutama saat musim penghujan karena adanya input dari daratan yang masuk melalui aliran sungai sehingga sangat berpengaruh dalam aktivitas fotosintesis yang selanjutnya akan memengaruhi kehidupan meroplankton.

2. Faktor Kimiawi

Beberapa faktor kimia perairan yang memengaruhi kehidupan meroplakton di laut, yaitu pH, oksigen terlarut, dan salinitas.

a. pH

pH atau derajat keasaman sangat berpengaruh terhadap aktivitas kehidupan organisme perairan sehingga sering digunakan sebagai indikator kualitas perairan. Saeni (1989) menjelaskan bahwa nilai pH adalah hasil pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam larutan serta merupakan keseimbangan antara asam dan basa air, di mana adanya karbonat hidroksida dan bikarbonat akan meningkatkan keasaman. Selanjutnya, Boyd dan Linchtkopler (1982) mengemukakan bahwa karbon dioksida memengaruhi pH air sebagai substansi asam.

Konsentrasi karbon dioksida dalam air akan berkurang karena dimanfaatkan oleh fitoplankton dan makro flora yang ada di perairan dalam proses fotosintesis. Hal ini menyebabkan kadar

pH air akan turun. Derajat keasaman merupakan faktor penting kualitas suatu perairan, Pescod (1973) mengemukakan bahwa pH perairan dipengaruhi oleh aktivitas biologis organisme, yaitu fotosintesis dan respirasi.

pH air laut merupakan salah satu faktor penentu laju pertumbuhan plankton dan besarnya nilai pH air laut, yaitu 7,0–8,5 (Omori & Ikeda, 1984). Kisaran pH optimum bagi pertumbuhan plankton menurut Tait (1981) sebesar 5,6–9,4. Selanjutnya, Raymont (1963) mengemukakan bahwa pH memengaruhi kehidupan plankton dalam proses metabolisme, reaksi fisiologis dari berbagai jaringan dan reaksi enzim.

Kaswadji (1976) mengklasifikasikan perairan berdasarkan nilai pH, yaitu perairan yang tidak produktif adalah perairan dengan kisaran nilai pH sebesar 5,5–6,5 dan $\text{pH} > 8,5$, sedangkan perairan dengan produktivitas sangat tinggi memiliki kisaran pH sebesar 7,5–8,5.

b. Oksigen Terlarut

Oksigen merupakan unsur esensial dalam respirasi dan metabolisme makhluk hidup. Di perairan, oksigen berasal dari difusi udara dan hasil fotosintesis mikro flora, yaitu fitoplankton; dan makro flora, yaitu mangrove, lamun dan makro alga atau rumput laut, presipitasi dan aliran air permukaan yang masuk ke laut. Beberapa faktor oseanografi memengaruhi tinggi rendahnya nilai oksigen di perairan, yaitu gelombang, suhu, salinitas, tekanan parsial gas-gas yang ada di udara maupun di air, kedalaman perairan serta aktivitas biologi.

Odum (1971) menjelaskan bahwa kelarutan oksigen dalam air makin berkurang jika terjadi kenaikan suhu perairan serta meningkatnya salinitas dan tekanan parsial gas-gas terlarut di dalam air. Sedangkan Hutagalung (1997) mengemukakan bahwa kenaikan suhu air, respirasi organisme terutama pada malam hari, tumpahan minyak di permukaan laut dan adanya limbah organik yang masuk perairan dapat menyebabkan turunnya kandungan oksigen terlarut dalam air laut.

Semua makhluk hidup membutuhkan oksigen terlarut dalam kehidupannya, juga bakteri yang menggunakan oksigen dalam proses penguraian materi organik yang mati atau dekomposisi, termasuk plankton. Fotosintesis yang terjadi pada siang hari akan menghasilkan oksigen terlarut yang selanjutnya dapat dimanfaatkan oleh organisme perairan lainnya termasuk meroplankton.

Menurunnya kadar oksigen terlarut dalam perairan akan menyebabkan berkurangnya kecepatan pertumbuhan bahkan dapat menyebabkan kematian organisme perairan. Pescod (1978) menyatakan bahwa nilai oksigen terlarut di perairan sebesar 2 ppm mampu mendukung kehidupan biota akuatik, selama tidak ada zat toksik dalam perairan tersebut.

c. Salinitas

Nybakken (1992) mendefinisikan salinitas adalah satu gram garam yang larut dalam satu kilogram air laut dan dinyatakan dengan satuan permil (‰). Dalam air laut terlarut sejumlah garam terutama NaCl, juga magnesium dan kalium (Nontji, 1987). Kandungan garam berbeda antar wilayah di perairan laut, misalnya antara wilayah perairan oseanik atau samudera dan perairan neritik atau perairan pesisir terutama perairan estuari. Dinamika salinitas di perairan laut dipengaruhi oleh pola sirkulasi air, evaporasi, presipitasi dan aliran sungai.

Salinitas berperan penting dalam kehidupan biota perairan, misalnya distribusi organisme di perairan laut. Sejumlah organisme perairan mampu beradaptasi terhadap fluktuasi salinitas yang besar (*euryhalin*), namun ada juga yang hanya mampu hidup dengan kisaran salinitas yang sempit (*stenohalin*) (Nybakken, 1992). Sachlan (1972) mengklasifikasikan plankton berdasarkan nilai salinitas, yaitu plankton air tawar hidup dengan salinitas 0–10‰, plankton daerah payau atau estuari dengan salinitas 10–20‰, dan plankton air laut hidup pada salinitas yang lebih besar dari 20‰.

3. Faktor Biologi

Beberapa faktor biologi perairan yang memengaruhi kehidupan meroplankton di laut, yaitu makanan dan nutrisi.

a. Makanan

Terjadi aliran energi dalam rantai makanan di perairan antara organisme trofik level paling rendah sampai paling tinggi. Panjang pendeknya rantai makanan tergantung organisme yang ada di habitat tersebut.

Di lingkungan perairan baik darat maupun laut, fitoplankton berperan sebagai produsen primer akan menempati posisi paling rendah dalam rantai makanan. Fitoplankton akan dikonsumsi oleh konsumen primer yang merupakan konsumen pertama dalam rantai makanan, yaitu hewan herbivor umumnya adalah zooplankton, selanjutnya zooplankton akan dimakan oleh hewan karnivora sebagai konsumen kedua dalam rantai makanan. Selanjutnya, akan terjadi mekanisme pemangsa di antara karnivora berukuran kecil dan besar (Nontji, 1987).

Peranan zooplankton sebagai herbivora di ekosistem perairan, menjadi penting karena dapat menjadi faktor pembatas kelimpahan fitoplankton. Zooplankton berperan sebagai organisme penghubung antara produsen primer dengan karnivora dalam rantai makanan (Nybakken, 1992). Hal ini menyebabkan struktur komunitas dan pola distribusi zooplankton dapat digunakan sebagai salah satu indikator biologi dalam menentukan dinamika ekologi di perairan.

Romimohtarto dan Juwana (2004) mengemukakan bahwa pada saat tertentu kelimpahan fitoplankton di perairan berada dalam jumlah yang besar dan dikonsumsi oleh zooplankton maka populasi zooplankton akan bertambah dan sebaliknya populasi fitoplankton menjadi berkurang. Akibat berkurangnya populasi fitoplankton sebagai makanan zooplankton menyebabkan menurunnya populasi zooplankton karena kematian atau terjadi kanibalisme.

Ketersediaan makanan atau fitoplankton bagi zooplankton berkaitan erat dengan kelimpahannya di perairan (Meadows & Campbell, 1993). Minggawati (2014) menjelaskan bahwa dikarenakan perubahan makanan dan lingkungan tempat hidupnya menyebabkan komposisi komunitas zooplankton akan bervariasi dari waktu ke waktu. Contoh beberapa jenis fitoplankton menurut Soedibjo (2006) yang dikonsumsi zooplankton, antara lain *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Fragilaria*, *Oscillatoria*, dan *Ceratium*.

b. Nutrien

Tingkat kesuburan suatu perairan ditentukan oleh ketersediaan unsur hara atau nutrien, yaitu nitrat dan fosfat. Nutrien merupakan senyawa kimia yang digunakan organisme untuk metabolisme dan proses fisiologi. Nutrien bagi zooplankton tidak dimanfaatkan secara langsung, tetapi oleh fitoplankton dalam aktivitas metabolisme dan pertumbuhan sel. Fitoplankton selanjutnya dikonsumsi oleh zooplankton, dengan demikian zooplankton akan mendapatkan nutrien yang terdapat dalam sel fitoplankton. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Wickstead (1965) bahwa perkembangan fitoplankton akan memengaruhi pula perkembangan zooplankton karena fitoplankton adalah makanan utama bagi zooplankton. Di perairan, sumber nutrisi zooplankton berupa materi organik, baik berupa fitoplankton maupun detritus (Barus, 2002).

Ranoemihardjo dan Martosoedarmo (1988) menjelaskan bahwa nitrogen merupakan unsur esensial dalam kehidupan makhluk hidup karena berfungsi sebagai penghasil protein sehingga akan memengaruhi proses penting seperti fotosintesis dan respirasi jika ketersediaan nitrogen tidak cukup.

Nitrat (NO_3) merupakan komponen nitrogen yang sangat melimpah di laut. Tait (1981) serta Millero dan Sohn (1992) menjelaskan beberapa proses penting dalam metabolisme nitrat, yaitu penyerapan oleh fitoplankton saat proses fotosintesis. Regenerasi nitrat melalui proses dekomposisi oksida bahan-bahan organik di bawah permukaan kolom air di permukaan sedimen dan denitrifikasi yang terjadi dalam kondisi anaerob. Vollenweinder (1968

dalam Gunawati 1984) membagi tingkat kesuburan perairan berdasarkan konsentrasi nitrat sebagai berikut.

<0,226 : perairan dengan kesuburan rendah.

0,226–1,129 : perairan dengan kesuburan sedang.

1,130–11,29 : perairan dengan kesuburan tinggi.

Nitrogen organik dan anorganik diperoleh zooplankton dengan mengonsumsi fitoplankton, selanjutnya nitrogen organik akan dikeluarkan zooplankton melalui ekskresi kemudian mengendap atau larut dalam air. Proses perubahan nitrogen organik menjadi anorganik di dalam sedimen dilakukan oleh mikroorganisme benthik. Selain mikroorganisme benthik, bakteri juga berperan mengubah nitrogen organik terlarut menjadi anorganik (Tait, 1981; Meadows & Campbell, 1993).

Fosfor diperlukan organisme perairan karena berperan dalam penyimpanan dan transfer energi dalam sel serta dalam genetika (Cole, 1983). Sementara itu, menurut Owen (1975) fosfor berperan dalam kehidupan organisme yaitu pertumbuhan sel, metabolisme karbohidrat dan mempercepat kematangan sel.

Rumhayati (2010) menjelaskan bahwa di perairan, fosfor terdapat dalam bentuk senyawa fosfat yang terdiri dari fosfat terlarut dan fosfat partikulat di mana fosfat terlarut terdiri dari fosfat organik dan anorganik (ortofosfat dan polifosfat).

RANGKUMAN

1. Meroplankton adalah zooplankton yang hanya sebagian siklus hidupnya sebagai plankton.
2. Meroplankton meliputi larva invertebrata benthik, chordata benthik, dan nekton (ichthyoplankton).
3. Tiga tipe larva plankton dari invertebrata benthik, yaitu larva *planktotrophic*, larva *lecithotrophic*, dan larva *planktotrophic fakultatif*.

4. Meroplankton memiliki bentuk yang sangat berbeda dari bentuk induk. Tanda-tanda untuk mengidentifikasi larva tidak sama dengan bentuk induknya.
5. Faktor lingkungan yang memengaruhi larva, yaitu fisika, kimia, dan biologi.

TES FORMATIF

1. Rumuskan peranan meroplankton di perairan!
2. Buatlah pengelompokan meroplankton di perairan!
3. Identifikasikan tiga kelompok larva bentik!
4. Hubungkan faktor fisika, kimia, dan biologi yang memengaruhi kehidupan meroplankton!
5. Buatlah identifikasi kelebihan dan kelemahan tiga tipe larva dalam bentuk tabel!

TINDAK LANJUT

1. Jika mahasiswa belum dapat menjawab dengan benar (<50%), dianjurkan mempelajari kembali Bab VI.
2. Apabila mahasiswa dapat menjawab semua pertanyaan dengan baik, dapat melanjutkan pada bab berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agriefishery. (2012, 5 Juli). *Perkembangan embrio ikan*. Zonaikan. <https://zonaikan.wordpress.com/2012/07/05/perkembangan-embrio-ikan/>
- Alaerts, G., & Santika, S. S. (1984). *Metode penelitian air*. Penerbit Usaha Nasional.

- Achir, G. D. P., Sudarsono, & Aminatun, T. (2017). Kemelimpahan dan keanekaragaman zooplankton di padang lamun pesisir pantai pancuran Taman Nasional Karimunjawa. *Jurnal Prodi Biologi*, 6(6), 358–368.
- Baka, L. (1996). *Studi beberapa parameter fisika dan kimia air di perairan pantai Tanjung Merdeka Kotamadya Ujung Pandang*. Program studi Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin.
- Barus, T. A. (2002). *Pengantar limnologi*. Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Sumatera Utara.
- Boyd, C. E. (1979). *Water quality in warm water fish ponds*. Auburn University Agricultural Experiment Station.
- Boyd, C. E., & Lichtkoppler, F. (1982). *Water quality management in pond fish culture*. Auburn University.
- Cary, G. A., & Hinman, V. F. (2017). Echinoderm development and evolution in the post-genomic era. *Jurnal Developmental Biology*, 427(2), 203–211. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ydbio.2017.02.003>
- Cole, G. A. (1983). *Text book of limnology* (3rd ed.). C.V. Mosby Company.
- Davis. (1955). *The marine and fresh water plankton*. Michigan State University Press.
- Dawes, C. J. (1981). *Marine botany*. John-Wiley & Sons.
- Effendie, M. I. (1997). *Biologi perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara.
- Gunawati, I. (1984). *Pengaruh pembusukan kelapis air terhadap kuantitas dan kualitas plankton*. Fakultas Perikanan IPB.
- Hawkes, H. A. (1979). *Invertebrates as indicator of river water quality*. John Wiley and Sons Ltd.
- Huliselan, N. V., Pello, E. S., & Lewerissa, Y. A. (2006). *Planktonologi* (Buku Ajar). Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Pattimura.
- Hutabarat, S., & Evans, S. M. (1985). *Pengantar oseanografi*. Universitas Indonesia Press.
- Hutagalung, H. P. (1997). *Pengambilan dan pengawetan contoh air laut: Metoda analisa air laut, sedimen, dan biota* (Buku 2). P3O LIPI.
- Kaswadji, R. F. (1976). *Studi pendahuluan dan pengawetan contoh air laut: Fitoplankton di Delta Upang Sumatera Selatan* [Laporan Ilmiah]. Fakultas Perikanan, IPB.

- Kennish, M. J. (1990). *Ecology of estuaries: Anthropogenic effects*. Boca Raton, CRC Press.
- Krebs, C. J. (1985). *Experimental analysis of distribution of abundance* (3rd edition). Haper & Row Publisher.
- Meadows, P. S., & Campbell, J. I. (1993). *An introduction to marine science* (2nd edition). Halsted Press.
- Michael, P. (1994). *Metode ekologi untuk penyelidikan ladang dan laboratorium* (Y. R. Koestoer, penerj.). Universitas Indonesia Press.
- Millero, F. S., & Sohn, M. L. (1992). *Chemical oseanography*. CRC Press.
- Minggawati, I. (2014). Komposisi zooplankton di perairan Rawa Banjiran Sungai Rungan Kota Palangkaraya. *ZIRAA'AH*, 39(2), 81–85.
- Nontji, A. (1987). *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan.
- Nybakken, J. W. (1992). *Biologi laut: Suatu pendekatan ekologis*. Gramedia.
- Odum, E. P. (1971). *Dasar-dasar ekologi*. Gajah Mada University Press.
- Omori, M., & Ikeda, T. (1984). *Methods in marine zooplankton ecology*. John Willey and Sons.
- Owen, O. S. (1975). *Natural resources conservation an ecological approach*. Macmillan Publishing co. Inc.
- Pescod, M. B. (1973). *Investigation of inland water and estuaries*. Reinhold Pubilshing Corporation.
- Pescod, M. B. (1978). *Environmental indices theory and prestise*. Ann Arbour Science Inc.
- Ranoemihardjo, & Martosoedarmo, B. (1988). *Biologi perairan*. Dirjen Perikanan Deptan.
- Ray, P., & Rao, N. G. S. (1964). Density of freshwater diatoms in reaction to some physico-chemical condition of water. *Indian Journal of Fisheries-Section A*, 11(1), 479.
- Raymont, J. E. G. (1963). *Plankton and productivity in the ocean*. Pergamon Press.
- Raymont, J. E. G. (1980). *Plankton and productivity in the oceans* (2nd edition). Pergamon Press.
- Romimohtarto, K., & Juwana, S. (2004). *Meroplankton laut: Larva hewan laut yang menjadi plankton*. Penerbit Djambatan.

- Rumhayati, B. (2010). Studi senyawa fosfat dalam sedimen dan air menggunakan teknik disffusive gradien in thin films. *Jurnal Ilmu Dasar*, 11(2), 160–166.
- Sachlan, M. (1982). *Planktonologi*. Undip.
- Saeni, M. S. (1989). *Kimia lingkungan*. Institut Pertanian Bogor.
- Shetty, H. P. C., Saha, S. B., & Ghosh, B. B. (1961). Observations on the distribution and fluctuations of plankton in the hooghly-matlah estuarine system, with notes on their relation to commercial fish landings. *Indian Journal of Fisheries*, 8, 326–363.
- Soedibjo, B. S. (2006). Struktur komunitas fitoplankton dan hubungannya dengan beberapa parameter lingkungan di perairan Teluk Jakarta. *Oseanologi dan Limnologi*, 40, 65–78.
- Tait, R. V. (1981). *Elements of marine ecology* (3rd edition). Butterworths Ltd.
- The pea urchin. (2021). *Waterwereld*. Diakses pada 28 Agustus, 2021, dari <https://www.waterwereld.nu/peaurchin.php>.
- Wardoyo, S. T. H. (1982). *Kriteria kualitas air untuk keperluan pertanian dan perikanan: Training Analisa Dampak Lingkungan*. PPLH-UNDP, PUSDI_PSL. IPB.
- Wickstead, J. H. (1965). *An introduction to the study of tropical plankton*. Hutchinson Tropical Monograph.



BAB VII

PENGELOMPOKAN DAN DAYA APUNG

PENDAHULUAN

Pokok bahasan ini menelaah tentang pengelompokan yang dilakukan oleh plankton, penyebab pengelompokan, dan bagaimana plankton dapat mengapung di dalam kolom air.

CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

Setelah mempelajari materi pengelompokan dan daya apung, mahasiswa diharapkan dapat menganalisis strategi pengelompokan dan strategi mengapung yang terjadi pada plankton.

SUBCAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

1. Mahasiswa mampu menganalisis pengelompokan oleh plankton.
2. Mahasiswa mampu mengorelasikan faktor-faktor penyebab terjadinya pengelompokan plankton.
3. Mahasiswa mampu menganalisis strategi mengapung bagi plankton.

PETUNJUK BAGI MAHASISWA

Sebelum mempelajari materi pada bab ini, mahasiswa diharapkan sudah menguasai materi bab sebelumnya dan ekologi perairan.

A. Pengelompokan Plankton

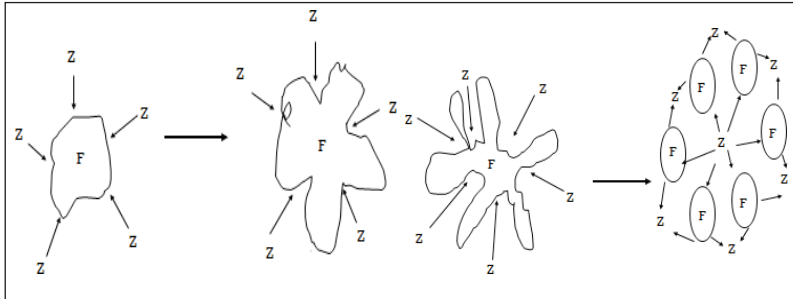
Pengelompokan atau *patchiness* dapat terjadi pada fitoplankton maupun zooplankton. Pengelompokan pada fitoplankton berhubungan dengan proses fisik lautan yang mengontrol keberadaan nutrisi, sedangkan pengelompokan pada zooplankton berhubungan dengan konsentrasi fitoplankton.

Percampuran massa air secara horizontal maupun vertikal dapat menyebabkan terkelompoknya atau tersebarnya organisme plankton, misalnya mekanisme *upwelling* dan *downwelling*. Secara umum, penyebab pengelompokan adalah

- 1) kondisi fisik yang berubah secara spasial, seperti cahaya, temperatur, dan salinitas;
- 2) pergerakan air seperti arus;
- 3) aktivitas *grazing* oleh zooplankton herbivora di suatu area dan berkurangnya aktivitas *grazing* di tempat lainnya;
- 4) reproduksi lokal; dan
- 5) kebiasaan hidup mengelompok.

Zooplankton akan mendekati perairan dengan konsentrasi fitoplankton tinggi dan dalam bentuk mengelompok. Pengelompokan plankton merupakan akibat dari interaksi antara zooplankton dan makanannya (fitoplankton), seperti ditunjukkan pada Gambar 7.1.

Proses reproduksi juga mempunyai peranan pada proses pengelompokan zooplankton. Fitoplankton sebagai makanan zooplankton memiliki kecepatan membelah diri dari 5 sampai 7 kali per hari tergantung pada ketersediaan nutrisi di perairan. Peningkatan zooplankton terjadi setelah konsentrasi fitoplankton mencapai puncak dan konsentrasi nutrisi menurun.



Keterangan: Z: Zooplankton; F: Fitoplankton

Sumber: Huliselan dkk. (2006)

Gambar 7.1 Pengelompokan Plankton

B. Mekanisme Mengapung

Kerapatan atau densitas, yaitu massa per satuan volume air laut, lebih kecil dari plankton menyebabkan plankton cenderung tenggelam. Ini merupakan kerugian bagi fitoplankton maupun zooplankton, yaitu jika tenggelamnya fitoplankton di lokasi di mana cahaya maksimal untuk berfotosintesis dan zooplankton di mana terdapat banyak makanannya yaitu fitoplankton. Kecenderungan plankton tenggelam disebabkan plankton memiliki daya renang sangat lemah sehingga tidak mampu melawan gerakan arus dan angin.

1. Prinsip-Prinsip

Karena jaringan tubuh makhluk hidup cenderung tenggelam, plankton berusaha untuk tetap tinggal dekat permukaan laut dengan cara sebagai berikut.

- 1) Kerapatan air atau densitas dipengaruhi oleh dua faktor oseanografi perairan, yaitu suhu dan salinitas.

Densitas air laut yang besar dipengaruhi oleh salinitas perairan yang tinggi dan suhu yang rendah, hal ini menyebabkan densitas perairan sering berfluktuasi terutama di perairan beriklim sedang di mana variasi suhu tidak sama sepanjang tahun. Sifat fisik yang juga perlu diperhatikan adalah viskositas atau kekentalan massa

air laut yang juga dipengaruhi oleh suhu dan salinitas. Besarnya nilai viskositas air laut karena tingginya konsentrasi salinitas dan rendahnya suhu menyebabkan kemampuan tenggelam benda-benda di dalam perairan menjadi lambat karena makin rapatnya molekul air.

2) Bentuk benda terhadap laju tenggelamnya dalam benda cair.

Benda yang massanya sama namun berbeda bentuk saat jatuh di udara atau cairan akan memiliki laju tenggelam yang berbeda pula. Laju benda sebanding dengan besarnya hambatan yang ditimbulkan benda itu terhadap gas atau cairan di mana benda itu jatuh. Dari hukum fisika tentang perubahan kerapatan dan viskositas serta hambatan dapat dibuat suatu persamaan sederhana yang menggambarkan hubungan antara laju tenggelam suatu organisme dengan ketiga parameter tersebut, yaitu

$$LT = \frac{W1-W2}{(R) (Vw)}$$

di mana:

LT = laju tenggelam

W1 = kerapatan organisme

W2 = kerapatan air laut

W1 – W2 = jumlah berat lebih yaitu jumlah kelebihan berat organisme dibandingkan berat air laut pada volume yang sama.

R = hambatan permukaan

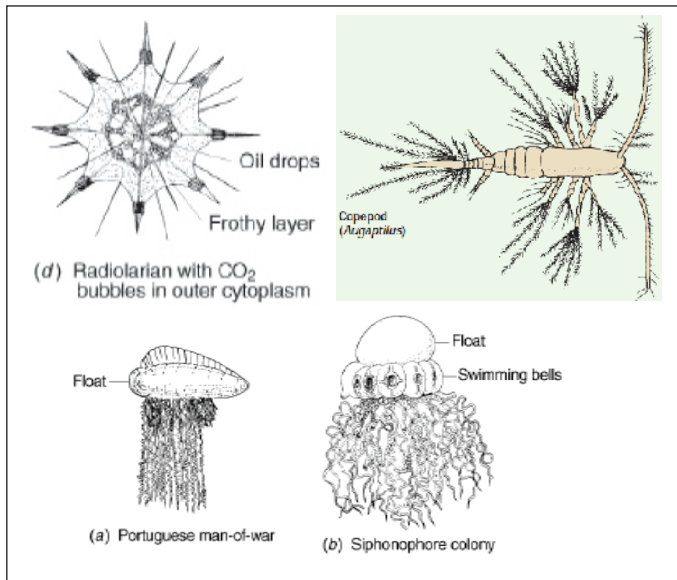
Vw = viskositas air laut

Organisme tidak dapat memengaruhi viskositas air laut maka strategi organisme dalam mengurangi laju tenggelamnya berupa pengurangan kelebihan berat atau memperbesar hambatan permukaan.

2. Pengurangan Berat Lebih

Strategi organisme di perairan dalam mengurangi berat lebih adalah dengan mengubah komposisi cairan tubuh sehingga kerapatan tubuhnya lebih kecil dari kerapatan air laut, tetapi jumlah partikel yang larut dalam cairan tubuh harus dipertahankan, seperti kelas Diatom dan Copepoda. Apabila tidak dapat dipertahankan, akan terjadi osmosis. Osmosis adalah peristiwa lewatnya air melalui suatu dinding semipermeabel untuk menyamakan kadar larutan di kedua dinding sisi.

Strategi lain dalam mengurangi laju tenggelam adalah dengan membentuk pelampung yang mengandung gas karena kerapatan gas lebih kecil dari kerapatan air sehingga organisme akan mengapung, contohnya ubur-ubur dan kantung renang ikan. Mekanisme pengaturan tekanan gas di dalam atau kantung renang hewan dapat digunakan untuk mengatur posisinya dalam kolom air sehingga hewan dapat bergerak ke atas atau ke bawah menurut kemampuannya.



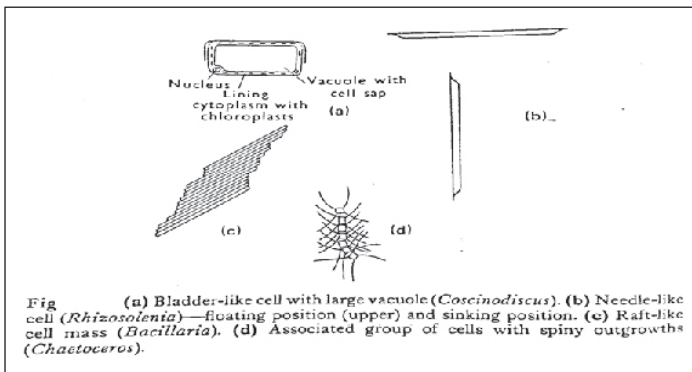
Sumber: Elnabris (2015)

Gambar 7.2 Pengurangan Berat Lebih

3. Mengubah Hambatan Permukaan

Beberapa strategi mengubah hambatan permukaan pada organisme planktonik, yaitu dengan cara sebagai berikut.

- 1) Makin kecil ukuran tubuh organisme, makin besar luas permukaan tubuhnya per satuan volume jika dibandingkan organisme bertubuh besar.
- 2) Organisme mengubah bentuk tubuh dengan cara membentuk semacam duri dan tonjolan guna meningkatkan hambatan permukaan, sedangkan berat organisme hanya sedikit bertambah. Adaptasi ini umum didapatkan pada kelas Diatom.



Sumber: El-Adl (t.t)

Gambar 7.3 Mengubah Hambatan Permukaan

4. Gerakan Air

Strategi lain agar plankton dapat mengapung di perairan berhubungan dengan gerakan air dalam laut. Di laut, pada siang hari, air lapisan permukaan perairan lebih panas dan pada malam hari menjadi dingin. Perubahan suhu pada lapisan permukaan perairan menyebabkan perubahan densitas air sehingga mengakibatkan terbentuknya sel konveksi. Sel konveksi adalah satuan air yang sangat kecil bergerak naik-turun dalam kolom air sesuai dengan densitasnya. Gerakan sel konveksi sangat lemah sehingga menyebabkan perpindahan organisme planktonik.

RANGKUMAN

1. Pengelompokan atau *patchiness* dapat terjadi pada fitoplankton maupun zooplankton.
2. Pengelompokan pada fitoplankton berhubungan dengan proses fisik lautan yang mengontrol keberadaan nutrisi.
3. Pengelompokan pada zooplankton berhubungan dengan konsentrasi fitoplankton.
4. Plankton memiliki daya renang sangat lemah sehingga tidak dapat melawan arus dan angin, yang menyebabkan plankton mudah tenggelam, tetapi ada strategi yang dilakukan oleh plankton sehingga tidak tenggelam.
5. Pengurangan berat lebih dan memperbesar hambatan permukaan merupakan adaptasi plankton untuk mengurangi laju tenggelam.

TES FORMATIF

1. Plankton di perairan sering melakukan pengelompokan. Tuliskan lima penyebab pengelompokan plankton!
2. Buatlah analisis mekanisme plankton dalam mengurangi laju tenggelam di perairan!

TINDAK LANJUT

1. Apabila mahasiswa belum dapat mengerjakan tugas di atas (<50%), dianjurkan mempelajari kembali Bab VII.
2. Apabila mahasiswa dapat mengerjakan tugas di atas, dapat melanjutkan pada bab berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Efendi, Y. (2011). *Buku biologi laut jilid 1: Plankton*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Bung Hatta. <https://fpik.bunghatta.ac.id/download.php?view.47>
- El-Adl, M. (t.t). *Buoyancy of phytoplankton*. Diakses pada 8 Maret, 2023, dari <https://www.du.edu.eg/upFilesCenter/sci/1585221989.pdf>.
- Elnabris, K. J. A. (2015). *Plankton*. Diakses pada 8 Maret, 2023, dari http://site.iugaza.edu.ps/el nabris/files/2015/09/1_-Plankton-Introduction.pdf.
- Huliselan, N. V., Pello, E. S., & Lewerissa, Y. A. (2006). *Planktonologi* (Buku Ajar). Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Pattimura.



BAB VIII

DISTRIBUSI PLANKTON

PENDAHULUAN

Pokok bahasan ini memperjelas tentang distribusi vertikal plankton, menganalisis migrasi vertikal harian dan migrasi vertikal musiman plankton, serta berbagai faktor lingkungan yang memengaruhi migrasinya.

CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

Setelah mempelajari materi distribusi plankton, mahasiswa diharapkan mampu menganalisis distribusi vertikal plankton, migrasi vertikal harian dan migrasi vertikal musiman, serta mengarakteristikan tentang berbagai faktor lingkungan yang memengaruhi migrasi plankton.

SUBCAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

1. Mahasiswa mampu menganalisis distribusi vertikal.
2. Mahasiswa mampu menganalisis migrasi vertikal harian.
3. Mahasiswa mampu menganalisis migrasi vertikal musiman.

4. Mahasiswa mampu mengorelasikan faktor lingkungan dengan migrasi plankton.

PETUNJUK BAGI MAHASISWA

Sebelum mempelajari materi pada bab ini, mahasiswa diharapkan sudah menguasai materi bab sebelumnya dan ekologi perairan.

A. Distribusi Zooplankton

Nybakken (1992) mengemukakan bahwa di perairan distribusi fitoplankton lebih seragam dibandingkan zooplankton, di mana zooplankton berdistribusi mengikuti fitoplankton secara mendatar dan tegak dan pada saat kepadatan tertentu dari zooplankton perkembangannya akan bekurang, sedangkan fitoplankton bertambah.

Zooplankton dalam perairan selalu melakukan migrasi vertikal. Migrasi vertikal merupakan pergerakan harian zooplankton pada siang hari ke dasar laut dan malam hari ke permukaan laut. Cahaya merupakan penyebab utama migrasi vertikal harian zooplankton. Cahaya mengakibatkan respons negatif bagi zooplankton. Zooplankton akan bergerak menjauhi permukaan laut apabila intensitas cahaya meningkat dan sebaliknya apabila intensitas cahaya menurun, zooplankton akan bergerak ke arah permukaan laut (Prasad, 1956; Davis, 1955).

Zooplankton berada di lapisan permukaan laut pada malam hari dan saat pagi hari zooplankton akan bermigrasi ke lapisan lebih dalam untuk menghindari cahaya karena bersifat fototaksis negatif (Sachlan, 1982). Saat siang hari ketika intensitas cahaya matahari maksimal, zooplankton berada pada lapisan lebih dalam. Zooplankton tetap berada pada posisinya di kedalaman perairan tertentu dengan intensitas cahaya yang dapat ditoleransi, hingga sore hari zooplankton bermigrasi naik ke lapisan permukaan karena intensitas cahaya matahari mulai berkurang, selanjutnya akan berada di lapisan tersebut sepanjang malam.

Nybakken (1992) menjelaskan bahwa migrasi vertikal zooplankton merupakan mekanisme yang umum dilakukan oleh zooplankton.

Rangsangan utama migrasi vertikal zooplankton adalah cahaya, tetapi dapat juga disebabkan oleh suhu perairan. Penyebab migrasi vertikal zooplankton, yaitu

- 1) menghindari pemangsaan organisme predator yang dapat mendeteksi secara visual;
- 2) mengubah posisi dalam kolom air; dan
- 3) strategi meningkatkan produksi dan menghemat energi.

Migrasi vertikal zooplankton selain menghindari cahaya juga bertujuan mencari makanan, yaitu fitoplankton. Fitoplankton pergerakannya berlawanan dengan zooplankton, di mana fitoplankton naik ke permukaan biasanya dilakukan pada pagi hingga siang hari, sedangkan ke lapisan lebih dalam pada malam hari. Migrasi vertikal zooplankton pada malam hari ke lapisan permukaan dilakukan karena adanya fitoplankton yang bermigrasi ke lapisan lebih dalam serta menghindari penetrasi cahaya matahari secara langsung (Nontji, 1993).

Distribusi zooplankton luas di perairan mulai dari lapisan permukaan hingga perairan dalam. Selain holoplankton yang bermigrasi vertikal, ada juga meroplankton yang melakukan migrasi vertikal harian dari lapisan dalam ke lapisan permukaan. Semua nekton dan bentos menjalani awal kehidupannya sebagai zooplankton, yakni ketika masih berupa telur dan larva. Setelah bermetamorfosis, sifat hidupnya sebagai plankton berubah menjadi organisme induk, yaitu nekton (organisme yang mampu melawan arus) dan bentos (organisme yang menempel pada dasar perairan) (Nontji, 2008). Nybakken (1992) mengemukakan bahwa cahaya mengakibatkan larva menjauhi dari permukaan laut apabila intensitas cahaya di permukaan meningkat dan akan bergerak ke arah permukaan laut apabila intensitas cahaya di permukaan menurun.

B. Faktor Lingkungan yang Memengaruhi Distribusi atau Migrasi Plankton

Distribusi atau migrasi plankton di perairan sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan karena plankton merupakan organisme mikro-

pis yang pergerakannya sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan perairan tersebut. Parameter lingkungan yang memengaruhi distribusi plankton di perairan, yaitu cahaya, suhu, dan arus.

1. Cahaya

Cahaya matahari yang masuk ke permukaan laut akan diabsorpsi oleh air laut di mana fluktuasi intensitas cahaya matahari di lapisan permukaan laut berkaitan dengan musim dan kedalaman perairan (Nybakken, 1992). Cahaya sangat dibutuhkan oleh fitoplankton dalam melakukan fotosintesis. Cahaya matahari merupakan energi yang digunakan oleh fitoplankton dalam merubah materi anorganik menjadi materi organik. Pada pagi hari hingga siang hari saat intensitas cahaya matahari maksimal, fitoplankton melimpah di lapisan permukaan. Saat sore hari sampai malam, berkurangnya intensitas cahaya matahari menyebabkan proses fotosintesis menjadi berkurang sehingga fitoplankton berdistribusi ke lapisan perairan yang lebih dalam.

Cahaya memengaruhi distribusi fitoplankton dan zooplankton di perairan berbeda penyebabnya. Fitoplankton membutuhkan cahaya dalam berfotosintesis sehingga berdistribusi mendekati cahaya, sedangkan zooplankton berdistribusi menghindari cahaya. Mc Laren (1963) dan Haney (1988) menjelaskan bahwa zooplankton menghindari cahaya dan turun ke perairan yang gelap serta menghindari serangan predator, seperti ikan dan burung-burung, yang ada di permukaan perairan pada siang hari.

Raymont (1963) serta Brodeur dan Rugen (1994) juga menjelaskan bahwa cahaya matahari memengaruhi distribusi vertikal ichthyoplankton. Southward dan Barret (1983) mengemukakan bahwa cahaya adalah faktor pengontrol yang dominan dalam migrasi vertikal larva ke lapisan permukaan pada malam hari dan siang hari ke lapisan lebih dalam.

Migrasi zooplankton pada umumnya dipengaruhi oleh cahaya matahari yang menembus suatu perairan dari waktu ke waktu (temporal) pada kedalaman berbeda. Ini dikarenakan sifat zooplankton yang merupakan fototaksis negatif. Selain itu, zooplank-

ton cenderung menjauhi cahaya untuk menghindari predator (Tambaru dkk., 2020).

2. Suhu

Suhu air merupakan parameter penting sebagai pengontrol kecepatan migrasi plankton (Wade & Heywood, 2001 dalam Efendi, 2008). Rata-rata kecepatan migrasi vertikal zooplankton turun ke lapisan lebih dalam sebesar 6,1 cm/detik dan migrasi naik ke permukaan sebesar 6,6 cm/detik (Kaltenberg, 2004).

3. Arus

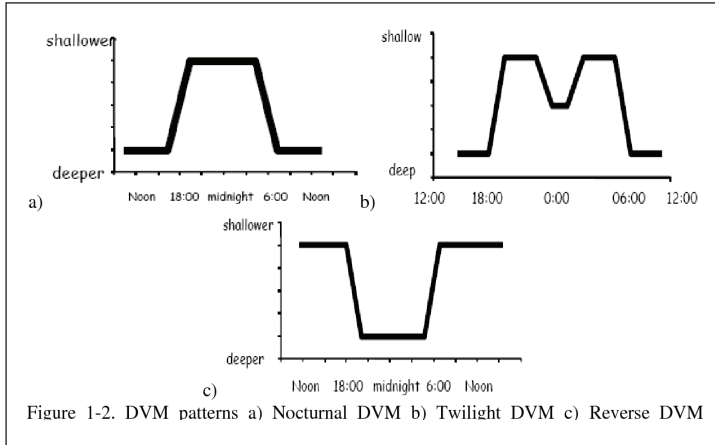
Arus memengaruhi migrasi harian maupun migrasi musiman plankton. Arus merupakan penyebab distribusi ichthyoplankton di perairan. Hinckley dkk. (1991) dalam Winanto dkk. (2021) menyatakan bahwa kecepatan arus sangat lambat pada kedalaman perairan di bawah 100 meter sehingga ichthyoplankton tidak terdistribusi jauh dari daerah pemijahannya, sedangkan pada kedalaman di atas 50 meter ichthyoplankton mudah terbawa arus karena pola arus makin cepat.

C. Migrasi Vertikal Harian

Migrasi vertikal plankton dilakukan selama 24 jam. Migrasi vertikal harian dilakukan oleh zooplankton lautan juga air tawar. Migrasi vertikal harian dilakukan kebanyakan zooplankton epipelagik dan mesoplagik. Pola migrasi vertikal sangat berpengaruh pada kondisi komposisi plankton pada satuan waktu dan tempat (Pratama dkk., 2012). Pola migrasi vertikal harian ada tiga pola, yaitu *nocturnal migration*, *twilight migration*, dan *reverse migration*.

1. *Nocturnal Migration*

Nocturnal migration paling umum terjadi dengan cara organisme naik ke permukaan perairan hanya satu kali dalam sehari, yaitu ke arah permukaan perairan pada sore hari dan bermigrasi ke lapisan yang lebih dalam pada pagi hari.



Sumber: Dean (2014)

Gambar 8.1 Migrasi Vertikal Plankton

2. *Twilight Migration*

Twilight migration dengan pola migrasi 2 kali naik dan 2 kali turun dalam 24 jam artinya zooplankton bermigrasi ke permukaan perairan pada sore hari kemudian bermigrasi ke perairan lebih dalam saat tengah malam, selanjutnya saat tengah malam kembali bermigrasi lagi ke permukaan perairan dan akhirnya bermigrasi ke perairan lebih dalam pada pagi hari (Cohen & Forward, 2002 *dalam* Tsui, 2006).

3. *Reverse Migration*

Reverse migration adalah tipe migrasi vertikal zooplankton yang berlawanan dari *nocturnal migration*, yaitu pada siang hari bermigrasi ke permukaan perairan dan malam hari ke lapisan lebih dalam.

Pola migrasi vertikal diurnal berbeda-beda tipenya pada setiap jenis plankton. Namun, umumnya terjadi pola migrasi nokturnal untuk zooplankton dan pola migrasi *reverse* untuk fitoplankton (Pratama dkk., 2012). Migrasi vertikal harian yang dilakukan zooplankton mempunyai konsekuensi biologi maupun ekologi.

- 1) Tidak semua individu dari jenis-jenis tersebut melaksanakan migrasi vertikal harian pada waktu yang bersamaan dan pada kedalaman perairan yang sama, maka populasi akan kehilangan individu dan ketambahan individu.
- 2) Terjadi peningkatan atau percepatan transfer dari produksi material organik pada zona eufotik ke zona perairan yang lebih dalam. Setiap organisme yang bermigrasi mentransfer makanan pada malam hari dari lapisan lebih dalam ke lapisan permukaan dan siang hari mentransfer makanan dari lapisan permukaan ke perairan lebih dalam.

D. Migrasi Vertikal Musiman

Migrasi vertikal musiman hanya diperlihatkan oleh jenis-jenis zooplankton di perairan *temperate* (empat musim), perairan dingin, dan perairan *upwelling*. Migrasi dilakukan oleh organisme yang masih muda dan berada di permukaan perairan yang produktif sehingga mendapatkan makanan untuk pertumbuhannya. Ketika perairan sudah tidak produktif lagi pada musim panas dan musim gugur, mereka akan turun ke perairan yang dalam dan mengalami fase *diapause* (fase di mana metabolisme rendah sekali dan tidak makan karena sudah menyimpan energi cadangan pada waktu berada di perairan yang produktif).

RANGKUMAN

1. Migrasi vertikal adalah migrasi harian zooplankton ke dasar perairan pada siang hari dan malam hari ke permukaan perairan.
2. Cahaya adalah faktor utama penyebab migrasi vertikal zooplankton.
3. Faktor lingkungan selain cahaya yang menyebabkan migrasi zooplankton adalah suhu dan arus.
4. Pola migrasi vertikal harian ada tiga pola, yaitu *nocturnal migration*, *twilight migration*, dan *reverse migration*.

5. Migrasi musiman hanya diperlihatkan oleh jenis-jenis zooplankton di perairan *temperate* (empat musim), perairan dingin, dan perairan *upwelling*.

TES FORMATIF

1. Ilustrasikan pola migrasi vertikal harian dari plankton!
2. Buatlah analisis pola migrasi musiman oleh zooplankton di perairan *temperate*!
3. Buatlah rangkuman faktor-faktor lingkungan yang memengaruhi migrasi vertikal zooplankton!
4. Buatlah korelasi antara cahaya terhadap migrasi vertikal zooplankton!

TINDAK LANJUT

1. Apabila mahasiswa belum dapat mengerjakan tugas di atas (<50%), dianjurkan mempelajari kembali Bab VIII.
2. Apabila mahasiswa dapat mengerjakan tugas di atas, dapat melanjutkan pada bab berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Brodeur, R. D., & Rugen, W. C. (1994). Diel vertical distribution of ichthyoplankton in the Northern Gulf of Alaska. *Fishery Bulletin*, 92, 223–235.
- Davis. (1955). *The marine and fresh water plankton*. Michigan State University Press.

- Dean, C. W. (2014). *Biophysical interactions in the straits of Florida: Turbulent mixing due to diel vertical migrations of zooplankton* [Tesis]. Nova Southeastern University. https://nsuworks.nova.edu/occ_stueta/14
- Haney, J. F. (1988). Diel patterns of zooplankton behavior. *Bulletin of Marine Science*, 43(3), 583–603.
- Kaltenberg, A. M. (2004). *38-Khz ADCP investigation of deep scattering layers in sperm whale habitat in the Northern Gulf of Mexico* [Tesis]. Texas A&M University.
- McLaren, I. A. (1963). Effects of temperature on growth of zooplankton, and the adaptive value of vertical migration. *Journal Fisheries Research Board of Canada*, 20(3), 685–722.
- Nybakken, J. W. (1992). *Biologi laut: Suatu pendekatan ekologis*. Gramedia.
- Pratama, B. B., Hasan, Z., & Hamdani, H. (2012). Pola migrasi vertikal diurnal plankton di Pantai Santolo Kabupaten Garut. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(1), 81–89.
- Prasad, R. R. (1956). Further studies on the plankton of the inshore water off Mandapam. *Indian Journal of Fisheries*, 3(1), 1–42.
- Raymont, J. E. G. (1963). *Plankton and productivity in the ocean*. Pergamon Press.
- Sachlan, M. (1982). *Planktonologi*. Undip.
- Southward, A. J., & Barrett, R. L. (1983). Observations on the vertical distribution of zooplankton, including post-larval teleosts, off Plymouth in the presence of a thermocline and a chlorophyll-dense layer. *Journal of Plankton Research*, 5(4), 599–618. <https://doi.org/10.1093/plankt/5.4.599>
- Tambaru, R., Muhiddin, A. H., & Malida, H. S. (2020). Pola migrasi temporal zooplankton di perairan Pulau Barranglompo Kota Makassar. Dalam *Proceeding of International and National Conference on Marine Science and Fisheries* (291–298).
- Tsui, N. (2006). *Vertical migration of marine copepods in the Galapagos Islands in relation to size and color* [Tesis]. University of Washington. <https://digital.lib.washington.edu/researchworks/bitstream/handle/1773/2405/NatalieTsui.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Winanto, T., Tjahja, P. H., Amron, Harisan, T., & Hendrayana. (2021).
Distribusi dan kelimpahan larva udang Penaeid (Penaeidae) di kawasan
timur laguna Segara Anakan. Dalam *Prosiding Seminar Nasional dan
Call for Papers "Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan
Lokal Berkelanjutan XI"*. Universitas Jenderal Soedirman.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



BAB IX

RED TIDE

PENDAHULUAN

Pokok bahasan ini menganalisis mekanisme dan penyebab *red tide*, jenis-jenis plankton penyebab *red tide*, serta dampak *red tide* dalam perairan. *Red tide* adalah peristiwa terjadinya peningkatan jumlah sel fitoplankton sehingga memengaruhi kualitas lingkungan perairan bagi biota perairan yang mengonsumsinya.

CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

Setelah mempelajari materi *red tide*, mahasiswa diharapkan mampu menganalisis mekanisme, penyebab, dan dampak *red tide* dalam perairan, serta mengidentifikasi jenis-jenis plankton penyebab *red tide*.

SUBCAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

1. Mahasiswa mampu menganalisis mekanisme *red tide*.
2. Mahasiswa mampu menganalisis penyebab *red tide*.

3. Mahasiswa mampu mengidentifikasi jenis-jenis plankton penyebab *red tide*.
4. Mahasiswa mampu merumuskan dampak yang ditimbulkan *red tide*.

PETUNJUK BAGI MAHASISWA

Sebelum mempelajari materi pada bab ini, mahasiswa diharapkan sudah menguasai materi bab sebelumnya dan ekologi perairan.

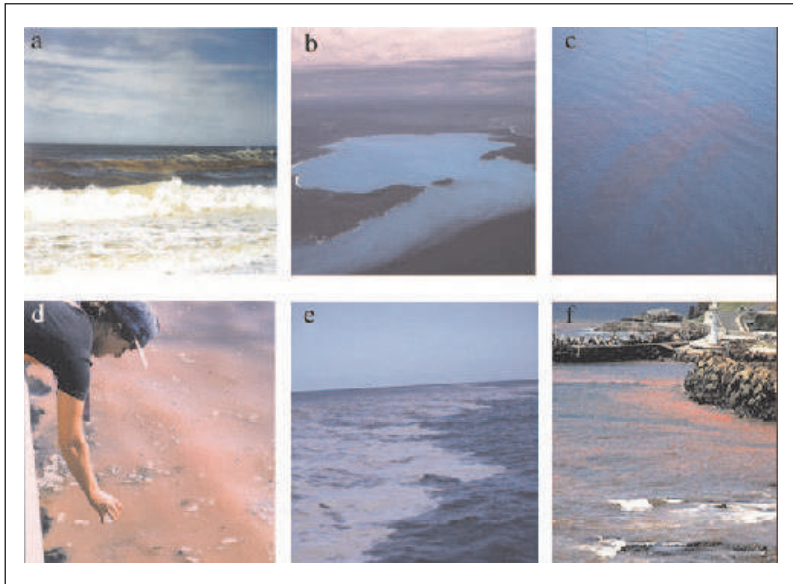
A. Mekanisme *Red Tide*

Blooming atau ledakan populasi terjadi saat pertumbuhan yang melimpah dari fitoplankton. *Blooming* sering kali menyebabkan masalah di suatu perairan jika jenis fitoplankton penyebab *blooming* tersebut tidak menguntungkan dan mengandung toksin atau racun. *Blooming* atau *harmful algal blooms* (HABs) juga sering disebut *red tide* atau pasang merah. *Blooming* mengakibatkan perubahan warna air menjadi merah kecokelatan atau hijau kekuningan tergantung pigmen yang dikandung dalam fitoplankton penyebab *blooming* (Gambar 9.1).

Blooming atau *red tide* didefinisikan sebagai fenomena alam yang terjadi di perairan dengan kepadatan tertentu dari satu atau beberapa spesies fitoplankton yang dapat membahayakan organisme perairan atau dapat menyebabkan akumulasi toksin dalam tubuh organisme yang mengonsumsi fitoplankton tersebut. Selanjutnya, dapat membahayakan kehidupan organisme trofik level yang lebih tinggi di perairan dan akhirnya juga dapat meracuni manusia yang mengonsumsi biota perairan yang telah terkontaminasi racun dari fitoplankton penyebab *blooming* (Anderson, 1996).

Jika kepadatan salah satu jenis fitoplankton di perairan mencapai jutaan sel/liter, dapat diartikan telah terjadi *blooming*. Nurhayati (2004, dalam Asriyana & Yuliana, 2012) mengemukakan, ambang batas kepadatan fitoplankton *blooming* adalah 10^6 – 10^9 sel/liter. Dalam dunia perikanan, fitoplankton sebagai produsen primer selain berfungsi

si sebagai sumber energi bagi ikan atau kerang yang mengonsumsinya, juga menjadi indikator kesuburan perairan. Praseno dan Adnan (1994) menjelaskan bahwa kesuburan perairan makin tinggi jika kelimpahan fitoplankton juga tinggi sehingga perikanan menjadi sangat potensial. Meskipun demikian, pertumbuhan fitoplankton yang berlebihan di atas ambang batas dapat membahayakan sektor perikanan.



Sumber: Suthers dan Risisk (2009)

Gambar 9.1 Warna Perairan saat Terjadi *Red Tide*

B. Penyebab *Red Tide*

Beberapa ahli berpendapat bahwa ledakan populasi fitoplankton disebabkan adanya peningkatan nutrisi atau *eutrofikasi*, perubahan hidrometeorologi dalam skala besar, seperti El Nino (Holligan dkk., 1985, dalam Asriyana & Yuliana, 2012), berkurangnya pemangsaan oleh herbivor (Lindahl & Dahl, 1990, dalam Asriyana & Yuliana, 2012), *upwelling* pergerakan massa air dari lapisan lebih dalam ke permukaan

dengan kandungan nutrisi yang tinggi, dan adanya curah hujan dengan intensitas yang besar dan *run off* air tawar dengan kuantitas yang besar ke perairan laut (Edler dkk., 1982; Cembella dkk., 1988, dalam Wiadnyana, 1996).

Faktor-faktor pemicu terjadinya *red tide* di suatu perairan selanjutnya diuraikan sebagai berikut.

1) Pengayaan nutrisi

Blooming adalah fenomena alam yang disebabkan adanya peningkatan kadar nutrisi yang mengakibatkan terjadinya *eutrofikasi* (penyuburan) di perairan. Input air sungai yang membawa sejumlah nutrisi dari daratan, berupa limbah organik dari aktivitas rumah tangga, pertanian, dan industri menyebabkan terjadinya *red tide*. Sidabutar (2006, dalam Asriyana & Yuliana, 2012) mencontohkan mekanisme *red tide* yang terjadi di Teluk Jakarta pada akhir bulan April 2004 disebabkan *run off* air sungai yang besar dan pada bulan Mei 2004 mencapai optimum.

Pengayaan unsur-unsur hara atau *eutrofikasi* menurut Mackentum (1969, dalam Asriyana dan Yuliana (2012) di mana kadar PO_4 dan NO_3 lebih besar dari kisaran optimum di perairan, yaitu PO_4 sebesar 0,09–1,8 mg/liter dan NO_3 sebesar 0,9–3,5 mg/liter.

2) Berkurangnya pemangsaan

Rendahnya pemangsaan jenis plankton beracun oleh predator herbivor merupakan penyebab terjadinya *blooming* (Lindah & Dahl, 1990, dalam Asriyana & Yuliana, 2012). Pada kondisi lingkungan yang baik, guncangan terhadap populasi fitoplankton lebih disebabkan pemangsaan (*grazing*) fitoplankton oleh zooplankton. Hal ini berarti guncangan terhadap populasi fitoplankton akan menyebabkan perubahan terhadap populasi zooplankton.

3) *Upwelling*

Upwelling adalah gerakan naiknya massa dari lapisan dalam ke permukaan yang kaya akan unsur hara sehingga menyebabkan air permukaan menjadi subur. Peristiwa *upwelling* merupakan salah satu penyebab meledaknya pertumbuhan jenis-jenis fitoplankton.

Naiknya massa air dari dasar perairan yang kaya akan bahan organik menyebabkan lapisan permukaan mendapatkan tambahan nutrisi yang besar. Kadar nutrisi yang tinggi dan melampaui batas optimum akan memicu terjadinya *blooming* fitoplankton. Peristiwa *upwelling* selain diikuti oleh tingginya kadar nutrisi juga dicirikan dengan rendahnya suhu rata-rata 3°C lebih rendah dan tingginya salinitas kurang lebih 1‰ (Nontji, 2008).

4) Curah Hujan

Curah hujan yang tinggi serta input air tawar (*run off*) ke laut dengan kuantitas yang besar mengakibatkan perubahan kondisi hidrologi perairan.

5) Kondisi perairan

Kondisi perairan yang tenang dengan kondisi cahaya matahari yang cukup banyak dapat mempercepat perkembangan populasi plankton *red tide*.

6) Keberadaan spesies *red tide*

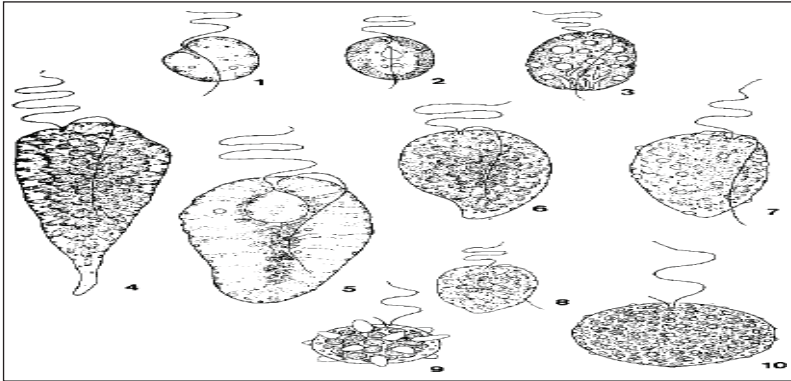
Keberadaan spesies *red tide* di perairan baik dalam bentuk plankton maupun kista yang mengendap di dasar perairan

7) Meluasnya penyebaran spesies *red tide*

Meluasnya penyebaran spesies *red tide* di berbagai perairan dapat melalui berbagai cara seperti terbawa arus dan biota terkontaminasi spesies *red tide* ke perairan.

C. Jenis-Jenis Plankton Penyebab *Red Tide*

Ada sekitar 5.000 spesies fitoplankton di perairan dunia dan sekitar 2% spesies telah diidentifikasi sebagai spesies berbahaya (Steidinger & Tangen, 1997). Di perairan Indonesia terdapat 31 spesies mengakibatkan *blooming* dan 7 spesies di antaranya dapat menyebabkan *red tide* (Praseno & Sugestiningih, 2000). Menurut Nontji (2006), di Indonesia sedikitnya ada sekitar 30 jenis plankton yang berpotensi menimbulkan HABS.



Keterangan: 1. *Heterosigma akashiwo*; 2. *Olisthodiscus luteus*; 3. *Fibrocapsa japonica*; 4. *Chattonella antiqua*; 5. *Chattonella ovata*; 6. *Chattonella marina*; 7. *Chattonella subsalsa*; 8. *Chattonella minima*; 9. *Chattonella verruculosa*; 10. *Chattonella globosa*

Sumber: Nontji (2008)

Gambar 9.2 Jenis-Jenis Plankton Penyebab *Red Tide*

Fenomena *red tide* dikelompokkan menjadi dua tipe, yaitu toksin dan nontoksin. *Red tide* yang toksin disebabkan oleh fitoplankton toksin yang dapat menimbulkan berbagai macam masalah, baik pada perikanan maupun kesehatan manusia. Masalah kesehatan pada manusia disebabkan oleh senyawa metabolit beracun yang dihasilkan oleh fitoplankton. *Red tide* menimbulkan dampak negatif, antara lain sebagai berikut.

- 1) Kematian massal biota laut dan keracunan pada manusia akibat mengonsumsi biota laut terkontaminasi plankton beracun.
- 2) Spesies *anoxic* yang umum ditemukan di perairan tropis termasuk Indonesia adalah *Trichodesmium erythraeum*, sementara spesies yang beracun kebanyakan berasal dari kelompok Dinoflagellata.
- 3) Beberapa jenis racun yang dihasilkan dan banyak menelan korban adalah *paralytic shellfish poisoning* (PSP), *diarrhetic shellfish poisoning* (DSP), *neurotoxic shellfish poisoning* (NSP), *amnesic shellfish poisoning* (ASP), dan *ciguatera fish poisoning* (CFP).

D. Dampak *Red Tide* di Perairan

Dampak yang terjadi di perairan akibat spesies penyebab *red tide* yang dikemukakan oleh Asriyana dan Yuliana (2012) sebagai berikut.

1) Kematian ikan

Masalah yang diakibatkan oleh *red tide* terhadap ikan adalah penyumbatan insang oleh jenis-jenis fitoplankton sehingga ikan tidak dapat mengambil oksigen. Ada beberapa spesies yang menimbulkan penyumbatan insang pada ikan, di antaranya *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira mala*, dan *Gonyaulax polygramma* yang mengakibatkan kematian 100 ton ikan di False Bay tahun 1962.

Kerusakan insang dapat terjadi secara fisis atau tersumbat atau karena adanya zat beracun yang dikeluarkan oleh fitoplankton tertentu sehingga mengakibatkan luka pada bagian insang dan mengeluarkan lendir (*mucus*) yang berlebihan sehingga menyebabkan ikan sukar bernapas.

2) Kandungan oksigen turun

Turunnya kandungan oksigen secara drastis biasanya karena kepadatan fitoplankton yang sangat tinggi sehingga mengakibatkan populasi tidak dapat tumbuh lagi dan mengalami kematian. Kematian populasi fitoplankton secara massal dapat berdampak negatif terhadap lingkungan karena dalam proses dekomposisi oleh bakteri aerob membutuhkan oksigen dalam jumlah yang cukup banyak sehingga stok oksigen di perairan turun drastis.

3) Timbulnya spesies HAB

Blooming dari jenis-jenis fitoplankton tertentu memunculkan beberapa spesies yang mengandung toksin baik yang berbahaya maupun yang tidak berbahaya. Akibat yang ditimbulkan oleh toksin dalam tubuh biota laut pada tubuh konsumen sangat bervariasi dan bergantung pada kehadiran jenis toksin yang dikandungnya.

Tabel 9.1 Kelompok, Sifat, dan Spesies Fitoplankton Penyebab *Red Tide*

Kelompok	Sifat	Contoh Spesies
<i>Anoxic</i>	Kurang berbahaya, ledakan terjadi pada kondisi tertentu; dapat berkembang sangat padat menyebabkan penurunan kadar oksigen yang drastis dan kematian massal ikan dan vertebrata.	Dinoflagellata <ul style="list-style-type: none"> • <i>Gonyaulax polygramma</i> • <i>Noctiluca scintillans</i> • <i>Scrippsiella trochoidea</i> Cyanobacterium <i>Trichodesmium erythraeum</i>
Beracun	Beracun berat: menyebabkan berbagai macam penyakit perut dan sistem saraf: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Paralytic shellfish poisoning</i> (PSP) • <i>Diarrhetic shellfish poisoning</i> (DSP) 	Dinoflagellata <ul style="list-style-type: none"> • <i>Alexandrium acatenella</i> • <i>Alexandrium catenella</i> • <i>Alexandrium cohorticula</i> • <i>Alexandrium fundyense</i> • <i>Alexandrium minutum</i> • <i>Alexandrium tamarense</i> • <i>Gymnodinium catenatum</i> • <i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>Compressum</i> <hr/> Dinoflagellata <ul style="list-style-type: none"> • <i>Dinophysis acuta</i> • <i>Dinophysis acuminata</i> • <i>Dinophysis fortii</i> • <i>Dinophysis norvegica</i> • <i>Dinophysis mitra</i> • <i>Dinophysis rotundata</i> • <i>Prorocentrum lima</i>

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Kelompok	Sifat	Contoh Spesies
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Amnesic shellfish poisoning</i> (ASP) 	<p>Diatom</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Nitzschia pungens f. multi-series</i> • <i>Nitzschia pseudodelicatissima</i> • <i>Nitzschia pseudoseriata</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ciguatera fishfood poisoning</i> (CFP) 	<p>Dinoflagellata</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Gambierdiscus toxicus</i> • <i>Ostreopsis</i> sp. • <i>Prorocentrum</i> sp.
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Neurotoxic shellfish poisoning</i> (NSP) 	<p>Dinoflagellata</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Cochlodinium polykrikoides</i> • <i>Gymnodinium breve</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • Racun <i>Cyanobacterium</i> 	<p>Cyanobacterium</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Anabaena flos-aquae</i> • <i>Microcystis aeruginosa</i> • <i>Nodularia spumigena</i>
Perusak sistem pernapasan	Tidak beracun, secara fisik mengganggu sistem pernapasan avertebrata dan ikan karena penyumbatan, terutama di waktu kepadatan tinggi	<p>Diatom</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Chaetoceros convolutus</i> <p>Dinoflagellata</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Cochlodinium polykrikoides</i> • <i>Gymnodinium mikimotoi</i> <p>Prymnessiophyta</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Chrysocromulina polylepis</i> • <i>Chrysocromulina leadbeateri</i> • <i>Prymaesium parvum</i> • <i>Prymaesium patelliferum</i> <p>Raphidophyta</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Heterosigma akashiwo</i> • <i>Chattonella antique</i>

Sumber: Sari (2018)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

RANGKUMAN

1. *Blooming* atau ledakan populasi adalah pertumbuhan dengan kelimpahan yang besar dari fitoplankton.
2. *Blooming* sering menyebabkan permasalahan ekologi di suatu perairan jika jenis dari fitoplankton tersebut tidak menguntungkan dan mengandung toksin atau racun.
3. *Blooming* atau disebut *harmful algal blooms* (HABs) juga sering disebut *red tide* (pasang merah).
4. Faktor-faktor pemicu terjadinya *red tide* di suatu perairan antara lain pengayaan nutrien, berkurangnya pemangsaan, dan *upwelling*.
5. Dua ratus spesies fitoplankton diidentifikasi sebagai spesies berbahaya dan mengakibatkan *blooming*, turunnya kandungan oksigen, dan timbulnya spesies HABs.

TES FORMATIF

1. Buatlah analisis terjadi mekanisme *red tide* di perairan!
2. Karakteristikkan faktor-faktor pemicu terjadinya *red tide*!
3. Buatlah korelasi antara mekanisme *red tide* dengan dampak yang ditimbulkan di perairan!

TINDAK LANJUT

1. Apabila mahasiswa belum dapat mengerjakan tugas di atas (<50%), dianjurkan mempelajari kembali Bab IX.
2. Apabila mahasiswa dapat mengerjakan tugas di atas, dapat melanjutkan pada bab berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Asriyana, & Yuliana. (2012). *Produktivitas perairan*. Bumi Aksara.
- Nontji, A. (2006). *Tiada kehidupan di bumi tanpa keberadaan plankton*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI, Jakarta.
- Nontji, A. (2008). *Plankton laut*. LIPI Press.
- Nybakken, J. W. (1988). *Biologi laut: Suatu pendekatan ekologis*. Gramedia.
- Praseno, D. P., & Adnan, A. (1994). Studi tentang 'red tide' di perairan Indonesia. Dalam Sulistidjo, D. P. Praseno, dan T. Susana (Ed.), *Hasil-hasil penelitian oseanologi tahun 1992/1993 (138–146)*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI.
- Praseno, D. P., & Sugestiningasih. (2000). *Red tide di perairan Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI.
- Sari, R. N. (2018). *Identifikasi fitoplankton yang berpotensi menyebabkan harmful algae blooms (habs) di perairan Teluk Hurun* [Skripsi tidak diterbitkan]. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Steidinger, K. A., & Tangen, K. (1997). *Dinoflagellates: Identifying marine phytoplankton*. Academic Press, 387–584.
- Suthers, I. M., & Rissik, D. (2009). *Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality*. CSIRO Publishing.
- Wiadnyana, N. (1996). Mikroalga berbahaya di perairan Indonesia. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 29, 15–28. LIPI Press.



BAB X

METODE SAMPLING DAN STUDI KUANTITATIF

PENDAHULUAN

Pokok bahasan ini mengilustrasikan tentang cara mengoleksi (pengambilan dan peralatan yang diperlukan), mengawetkan plankton, menganalisis data plankton berupa kepadatan dan komposisi jenis, serta teknik mikroskopis yang digunakan.

CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

Setelah mempelajari materi metode sampling dan studi kuantitatif, mahasiswa diharapkan mampu mengilustrasikan cara mengoleksi, mengawetkan, menghitung, dan menganalisis kepadatan organisme plankton secara kuantitatif.

INDIKATOR

1. Mahasiswa mampu mengarakteristikkan alat-alat yang diperlukan serta cara mengoleksi plankton.
2. Mahasiswa mampu memerinci cara pengawetan plankton

Buku ini tidak diperjualbelikan.

3. Mahasiswa mampu menganalisis plankton di laboratorium.
4. Mahasiswa mampu menganalisis data plankton.

PETUNJUK BAGI MAHASISWA

Sebelum mempelajari materi pada bab ini, mahasiswa dianjurkan untuk mempelajari ukuran dan jenis organisme plankton, metode-metode sampling, statistik, serta metode analisis data mengenai populasi dan keragaman.

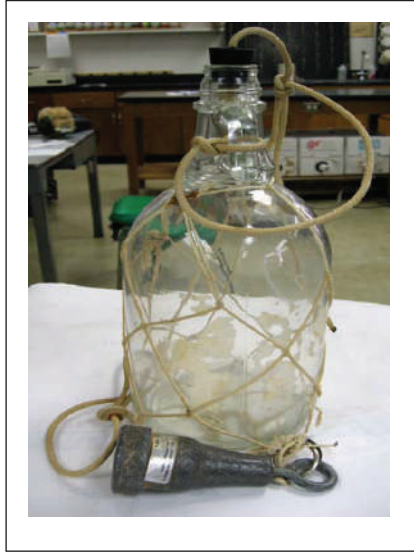
A. Koleksi Plankton

Plankton adalah organisme mikroskopis terdiri dari fitoplankton dan zooplankton hidup secara melayang, mengapung, dan bergerak dengan gerakan sangat terbatas dalam air sehingga suatu penelitian plankton memerlukan alat khusus yang dapat menyaring air, memisahkan plankton dari media hidupnya agar mendapatkan plankton untuk dianalisis jenis maupun menghitung jumlahnya. Plankton berukuran mikroskopis terutama fitoplankton dan di laut relatif terdistribusi oleh gerakan air seperti arus, terutama di perairan oseanik, maka teknik pengambilan sampel harus dilakukan tepat serta menggunakan alat yang sesuai. Alat yang digunakan untuk pengambilan sampel plankton umumnya menggunakan *plankton net* berupa jaring dengan ukuran mata jaring (*mesh size*) disesuaikan dengan sampel yang akan diambil fitoplankton, atau zooplankton.

Beberapa peralatan yang digunakan dalam sampling plankton sebagai berikut.

1) Tabung/botol air (*water bottle*)

Alat sampling *water bottle* digunakan untuk pengambilan sampel pada kedalaman tertentu, berbentuk botol berukuran 100 ml. Alat ini digunakan di perairan pantai dengan kedalaman perairan rendah dan memiliki kelimpahan plankton tinggi karena merupakan daerah perairan dangkal/neritik. Alat ini umumnya digunakan untuk sampling plankton berukuran kecil (fitoplankton atau nanoplankton) dan akan memperoleh air sampel sebanyak 1–50 ml (Omori & Ikeda, 1992).



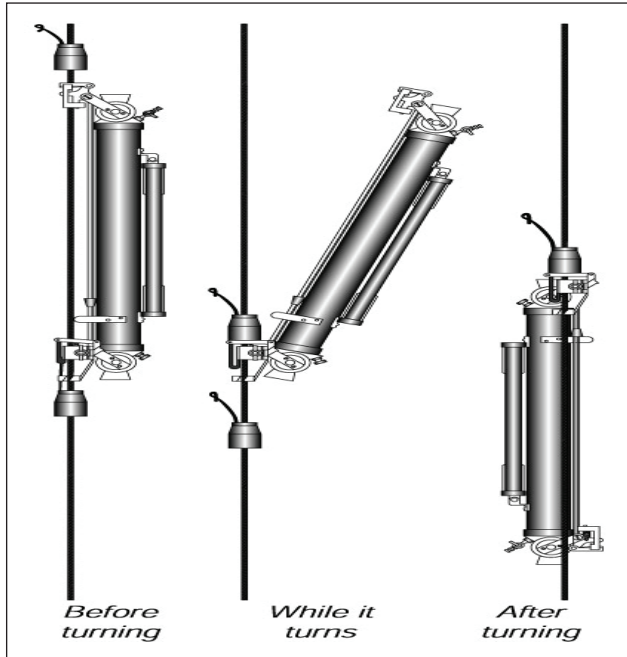
Sumber: Sulochanan dkk. (2014)

Gambar 10.1 *Water bottle*

2) *Van Dorn/Nansen bottle sampler*

Omori dan Ikeda (1992) menjelaskan tentang alat sampling tabung Van Dorn atau lebih dikenal dengan nama *Nansen bottle sampler*. Alat ini umumnya digunakan dalam penelitian oseanografi, guna mendapatkan sampel air yang dapat digunakan menganalisis sejumlah parameter oseanografi, seperti pH, suhu, salinitas, oksigen terlarut, fosfat, nitrat, dan klorofil juga sampling plankton pada kedalaman tertentu. *Nansen bottle* dilengkapi dengan termometer sehingga dapat mengukur suhu secara langsung di kedalaman tersebut. Saat diturunkan ke perairan, *Nansen bottle* dalam keadaan mulut tabung terbuka dan dalam keadaan terbalik. Pada kedalaman yang dibutuhkan dalam pengambilan sampel, *Nansen bottle sampler* akan ditutup secara otomatis dengan sampel air di dalamnya dengan cara menjatuhkan *massanger* atau besi pemberat. Jika ingin menganalisis sampel plankton, air yang dalam *Nansen bottle* disaring dengan menggunakan *plankton net*.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

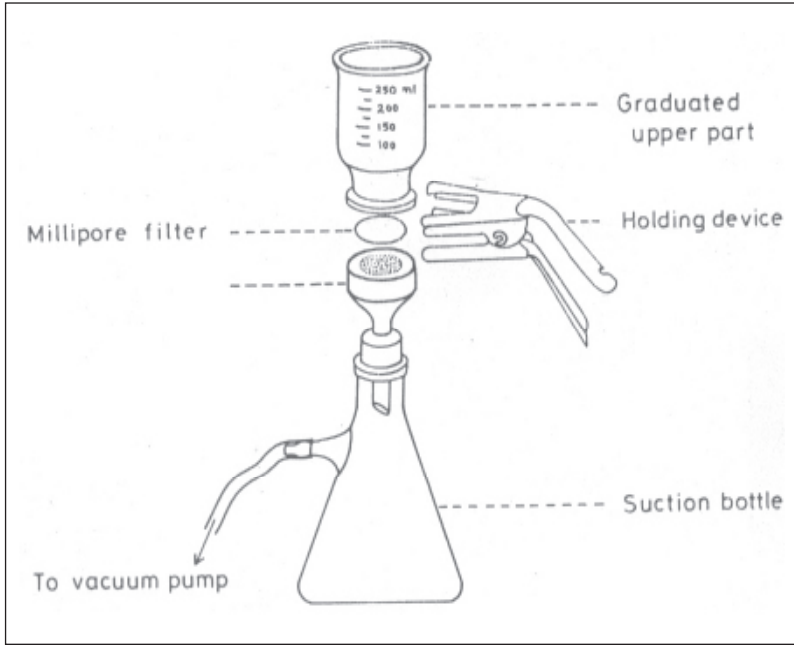


Sumber: Sulochanan dkk. (2014)

Gambar 10.2 Van Dorn/Nansen Bottle Sampler

3) Pompa hisap

Pompa hisap menurut Romimohtarto dan Juwana (1998) merupakan alat sampling dengan cara memompa air laut dari kedalaman tertentu. Alat ini biasanya diletakan di atas kapal penelitian dan ujung pompa hisapnya diturunkan ke kedalaman perairan yang diinginkan. Selanjutnya, air sampel yang dipompa kemudian ditampung dan disaring menggunakan *plankton net*. Pompa hisap memiliki keunggulan, yaitu dapat mengambil sampel air dengan volume yang besar dan dapat menentukan kedalaman perairan tempat pengambilan sampel. Namun, pompa hisap juga memiliki kekurangan, yaitu volume air yang diambil dibatasi oleh diameter pipa penghisap dan tidak semua plankton dapat terhisap sesuai tujuan.



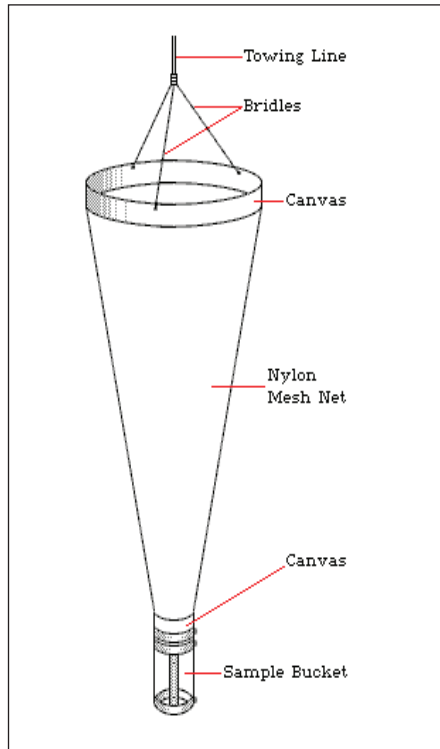
Sumber: Verlencar dan Desai (2004)

Gambar 10.3 Pompa Hisap

4) *Plankton net*

Plankton net merupakan alat yang paling umum digunakan dalam pengambilan sampel plankton baik, fitoplankton maupun zooplankton. Perbedaan antara kedua *plankton net* dalam pengambilan sampel, yaitu diameter mata jaring (*mesh size*). *Plankton net* untuk mengambil sampel fitoplankton berjenis KITAHARA memiliki diameter mulut jaring sebesar 31 cm dengan panjang jaring 1 m dan *mesh size* berukuran 30–60 mikron. *Plankton net* untuk zooplankton berjenis NORPAC memiliki ukuran diameter mulut jaring sebesar 45 cm, panjang jaring 1,80 m, dan ukuran *mesh size* sebesar 150–500 mikron. *Plankton net* yang digunakan untuk mengambil sampel ichthyoplankton atau larva ikan memiliki diameter 55 cm (Omori & Ikeda, 1992; Romimohtarto & Juwana, 1998).

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Sulochanan dkk. (2014)

Gambar 10.4 Plankton Net

Jaring Nansen, jaring plankton yang dilengkapi dengan sistem penutup jaring, berdiameter mulut 70 cm, panjang 225 cm dengan ukuran mata jaring 0,30 mm (300 mikron).

Dalam mengoleksi plankton ada tiga metode sampling yang umum digunakan.

- 1) Menggunakan *plankton net*, sangat baik untuk studi taksonomi secara terperinci. Net diturunkan perlahan-lahan pada perairan dengan kecepatan 1–1,5 knot dengan waktu kira-kira 10 menit. Sampling dengan menggunakan net plankton dapat mengoleksi

spesies plankton lebih banyak, terutama dalam keadaan kelimpahan plankton yang relatif tidak tinggi sehingga pengambilan plankton dengan jaring plankton sangat baik untuk pengamatan kualitatif. Sementara itu, untuk pengamatan kuantitatif sebaiknya *plankton net* dilengkapi dengan *flow meter*.

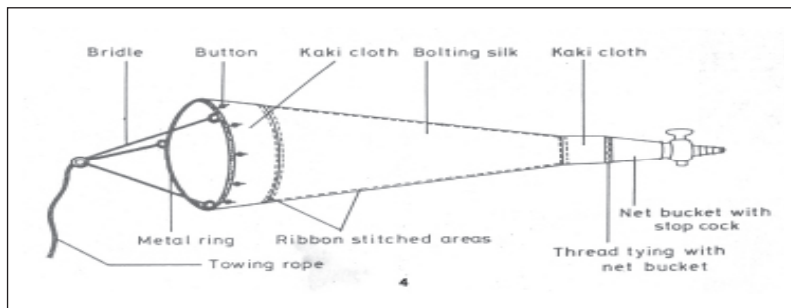
- 2) Menggunakan botol, sangat baik untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai studi kuantitatif terutama untuk mempelajari komposisinya terlebih pengambilan sampel secara vertikal. Penggunaan botol banyak digunakan untuk mengambil sampel pikoplankton dan nanoplankton. Sampel air yang diambil dengan Nansen atau Van Dorn kemudian disaring dengan jaring plankton yang berukuran kecil berdiameter 15 cm dengan mata jaring 20 mm atau menggunakan kertas *millipore* yang berdiameter 0,45 mm. Sampling dengan menggunakan tabung memiliki kelebihan dalam mengestimasi plankton secara kuantitatif, yaitu jauh lebih akurat karena volume air yang disaring dapat ditentukan dengan pasti dan dapat mengoleksi semua komponen mikroplankton (Diatom, Dinoflagellata, dan Ciliata).
- 3) Menggunakan pompa, volume air yang melewati filter yang cocok akan memberikan keuntungan dalam memperoleh sampel plankton. Kelebihannya:
 - a) volume air yang difilter dalam memperoleh setiap sampel dapat ditentukan secara akurat;
 - b) kedalaman dapat diperoleh secara jelas;
 - c) pengambilan sampel air untuk analisis fisika-kimia perairan sekaligus dapat diperoleh; dan
 - d) sangat baik untuk sampling mikroplankton.

Pengambilan sampel plankton untuk dianalisis yang sering dilakukan adalah secara horizontal dan vertikal. Penjelasan terkait cara kedua pengambil sampel plankton sebagai berikut.

1) Horizontal

Pengambilan sampel plankton secara horizontal bertujuan untuk mendapatkan informasi distribusi plankton secara mendatar atau pada

permukaan perairan. Cara mengoperasikannya di mana *plankton net* diikat pada kapal kemudian pada lokasi yang ditentukan untuk pengambilan sampel ditarik dari satu titik ke titik lain. Jumlah air yang disaring dapat dibaca pada *flowmeter* yang terpasang di bagian bawah *plankton net* atau dapat diketahui secara manual dengan cara mengalikan jarak di antara dua titik tersebut dengan diameter *plankton net*. *Flowmeter* memiliki akurasi yang lebih tepat.



Sumber: Verlencar dan Desai (2004)

Gambar 10.5 Pengambilan secara Horizontal

2) Vertikal

Pengambilan sampel secara vertikal bertujuan mendapatkan informasi distribusi plankton berdasarkan kedalaman perairan. Cara mengoperasikan *plankton net* secara vertikal yaitu dengan meletakkan *plankton net* sampai ke dasar perairan, kemudian ditarik ke atas. Kedalaman perairan dapat ditentukan dengan mengetahui panjang tali yang terendam dalam air sebelum *plankton net* ditarik. Volume air tersaring dapat menggunakan *flowmeter*, tetapi dapat juga diketahui secara manual dengan cara mengalikan nilai kedalaman perairan dengan diameter mulut *plankton net*. Pengambilan sampel secara vertikal dapat mengikuti pedoman kedalaman standar oseanografi, yaitu 0, 5, 25, 50, 75, 100. Pengambilan sampel plankton secara vertikal lebih akurat menggunakan *Nansen bottle* karena dapat mengambil sampel pada beberapa kedalaman perairan yang berbeda, sedangkan jika menggunakan *plankton net* maka sampel plankton yang diambil adalah secara keseluruhan kedalaman perairan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pengambilan contoh plankton, yaitu:

- 1) arah penarikan jaring (horisontal atau vertikal);
- 2) lama penarikan jaring (2 atau 5 menit untuk perairan jernih);
- 3) waktu penarikan (pagi, siang, sore atau malam);
- 4) musim yang berlaku di Indonesia (Barat: Desember–Februari, Peralihan I: Maret–Mei, Timur: Juni–Agustus dan Peralihan II: September–November);
- 5) keadaan cuaca (cerah, mendung atau hujan);
- 6) keadaan pasang surut (pasang tertinggi atau surut terendah);
- 7) lokasi (muara sungai, perairan pantai atau samudera); dan
- 8) posisi (LU-LS dan BT atau BB).

Data yang harus dikumpulkan bersama dalam proses pengambilan sampel plankton, yaitu:

- 1) posisi stasiun penelitian atau tempat pengambilan sampel;
- 2) tanggal dan waktu pengambilan sampel;
- 3) kedalaman perairan pengambilan sampel;
- 4) iklim yang terjadi pada saat pengambilan sampel (cerah, berawan, atau hujan);
- 5) kecepatan arus perairan; dan
- 6) beberapa parameter fisika dan kimia perairan, antara lain suhu, pH, salinitas, kecerahan, oksigen terlarut (DO), fosfat dan nitrat, serta kandungan klorofil jika dibutuhkan.

B. Pengawetan Sampel

Plankton yang berhasil dikoleksi ditempatkan dalam tabung penampung (*bucket*) berupa botol yang bermulut luas sehingga memudahkan dalam analisis lanjutan. Mengawetkan sampel plankton dengan menggunakan formalin 4% yang telah disadiah dengan boraks. Selanjutnya, dalam memudahkan dalam analisis lanjutan, botol sampel ditandai dengan pemberian label dan ditempelkan di bagian luar botol (label

luar) atau menggunakan kertas kalkir yang dapat dimasukkan ke dalam botol (label dalam). Pada kertas label dapat dituliskan penada sampel, antara lain nomor stasiun, posisi, stasiun, tanggal dan waktu pengambilan, metode pengambilan, dan data lain yang dianggap perlu.

Tahapan pembuatan formalin 4% sebagai berikut.

- 1) Formalin 40% sebelum diencerkan menjadi 4%, dimasukkan larutan penyangga berupa boraks ke dalam formalin tersebut dengan perbandingan 2 g boraks dan 98 ml formalin 40 % (formalin komersial). Pemberian boraks bertujuan menaikkan pH larutan menjadi 8–8,2. Jika menginginkan pH yang lebih rendah, gunakan gliserofosfat 4 g untuk setiap 98 ml formalin 40%.
- 2) Selanjutnya, formalin 40% yang telah disadah dengan boraks diencerkan menjadi 4% dengan cara menambahkan 90 ml air laut atau air mineral ke dalam 10 ml formalin 40%.

C. Menganalisis Sampel

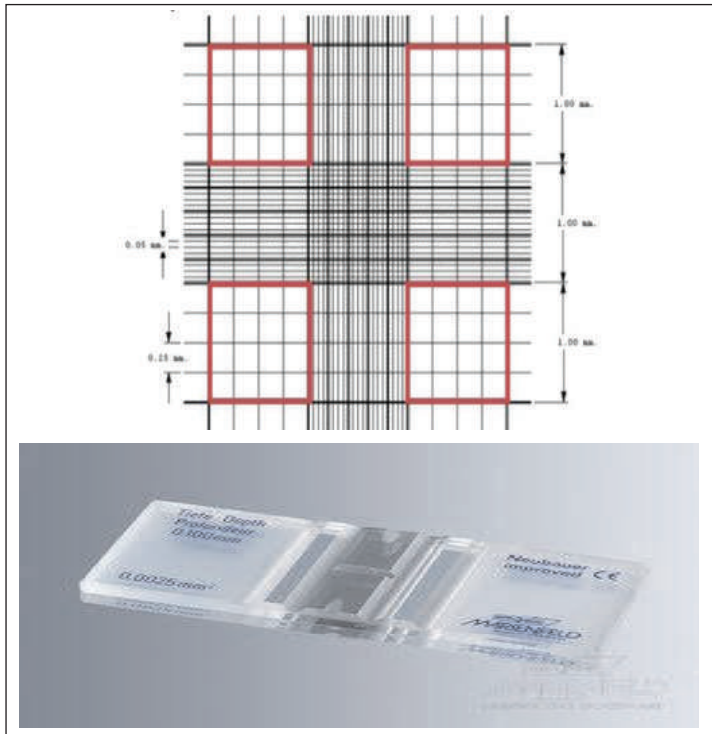
Dalam analisis sampel di laboratorium, ada beberapa tahapan yang dilakukan, yaitu

- 1) pengendapan sampel;
- 2) pengenceran sampel 10 kali volume endapan;
- 3) pencacahan sampel di bawah mikroskop dengan pembesaran sesuai dengan plankton yang diamati, yaitu zooplankton menggunakan pembesaran 100x dan 200x karena ukuran selnya lebih besar dari fitoplankton yang menggunakan pembesaran 200x dan 400x;
- 4) pencacahan sampel dilakukan 3 kali ulangan setiap sampel yang diamati; dan
- 5) alat bantu perhitungan dapat menggunakan *hand counter*.

Peralatan yang digunakan untuk menganalisis sampel plankton di bawah mikroskop adalah sebagai berikut.

1) Haemocytometer

Haemocytometer umumnya digunakan untuk mengamati fitoplankton atau zooplankton yang berukuran kecil (mikroskopis). Pembesaran mikroskop yang umum digunakan yaitu pembesaran 100x bagi plankton berukuran besar, sedangkan 200x dan 400x bagi plankton berukuran kecil. Perhitungan jumlah sel dapat menggunakan *hand counter* (Omori & Ikeda, 1992).



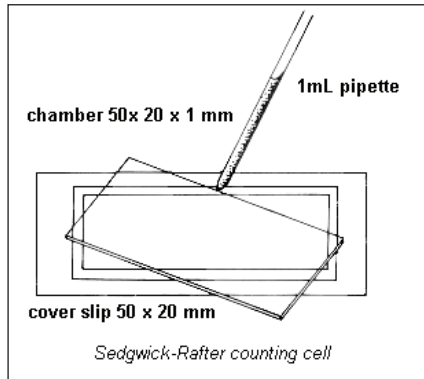
Sumber: Sulochanan dkk. (2014)

Gambar 10.6 Haemocytometer

Buku ini tidak diperjualbelikan.

2) Sedgwick-Rafter

Sedgwick-Rafter digunakan untuk meletakkan sampel saat mengamati sel fitoplankton dan mikrozooplankton di bawah mikroskop binokuler dengan pembesaran 100x bagi plankton berukuran besar sedangkan 200x dan 400x bagi plankton berukuran kecil (Omori & Ikeda, 1992).

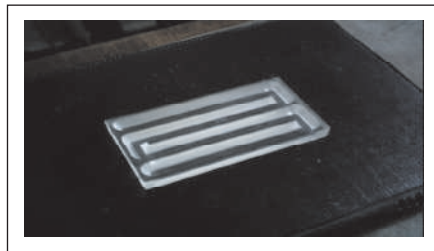


Sumber: Sulochanan dkk. (2014)

Gambar 10.7 Rafter Cell

3) Cawan Bogorov

Pengamatan zooplankton umumnya menggunakan cawan Bogorov. Bagi zooplankton berukuran makroskopis dapat diamati dengan menggunakan mikroskop binokuler dengan pembesaran 40x (Omori & Ikeda, 1992).



Sumber: Kurilov dan Gavrilova (2015)

Gambar 10.8 Cawan Bogorov

Data analisis plankton setelah diidentifikasi jenis dan dihitung jumlahnya dapat ditabulasikan ke dalam tabel sebelum dianalisis lebih lanjut dan diinterpretasikan seperti pada Tabel 10.1.

Tabel 10.1 Tabulasi Data Analisis Plankton

No Urut	Stasiun/No. Sampel	Tanggal Analisis	Nama Spesies	Ulangan	Jumlah
---------	--------------------	------------------	--------------	---------	--------

Data plankton yang telah ditabulasi selanjutnya dapat dianalisis kepadatannya dengan rumus sebagai berikut.

- 1) Kepadatan fitoplankton dan zooplankton (Arinardi, 1976):

$$K = n \times 1/f \times 1/v$$

di mana:

K = nilai kepadatan plankton (ind/liter; sel/liter);

n = jumlah jenis plankton hasil pencacahan (ind; sel);

f = fraksi yang dipergunakan/diambil; dan

v = volume air tersaring (liter).

- 2) Volume air tersaring menggunakan rumus (Romimohtarto & Juwana, 2009):

$$V = R \times a \times p$$

di mana:

V = volume air tersaring (m³);

R = jumlah putaran meteran air (*flow meter*);

a = luas mulut jaring (m²); dan

p = panjang kolom air (m) yang ditempuh dalam satu putaran.

3) Pencacahan sel dilakukan dengan rumus:

$$N = \frac{n}{m} \times \frac{s}{a} \times \frac{1}{v}$$

di mana:

N = jumlah sel per m³;

n = jumlah sel yang dihitung dalam m tetes;

m = jumlah tetes contoh yang diperiksa;

s = volume contoh dengan pengawetnya (ml);

a = volume tiap tetes contoh (menggunakan pipet otomatis 0,05 ml); dan

v = volume air tersaring (m³).

RANGKUMAN

1. Tiga cara koleksi sampel plankton, yaitu menggunakan *plankton net*, botol, dan pompa.
2. Pengawetan sampel menggunakan formalin 4% yang sudah disadiah dengan boraks.
3. Perhitungan data plankton meliputi jumlah sel plankton dalam satu satuan volume. Perhitungan diawali dengan menghitung volume air tersaring yang diambil sampelnya untuk dianalisis, kemudian menghitung jumlah sel plankton dalam sampel.

TES FORMATIF

1. Tuliskan lima faktor yang harus diperhatikan dalam sampling plankton!
2. Ilustrasikan cara mengoleksi plankton dengan menggunakan botol!

3. Hitunglah pembuatan formalin dengan konsentrasi 4%!
4. Buatlah rangkuman cara pencacahan sel fitoplankton maupun zooplankton!

TINDAK LANJUT

1. Apabila mahasiswa belum dapat mengerjakan tugas di atas (<50%), dianjurkan mempelajari kembali Bab X.
2. Apabila mahasiswa dapat mengerjakan tugas di atas, mahasiswa telah menguasai mata kuliah planktonologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arinardi, O. H. (1976). Jenis-jenis phytoplankton yang ekonomis. *Pewarta Oseana*, 6(2), 4–8.
- Kurilov, A., & Gavrilova, N. (2015). *Black sea monitoring guidelines—Microzooplankton*. Seredniak T. K.
- Omori, M., & Ikeda, T. (1992). *Methods in marine zooplankton ecology*. Krieger Publishing Company.
- Romimohtarto, K., & Juwana, S. (1998). *Plankton larva hewan laut*. Yayasan Laut Biru Jakarta.
- Romimohtarto, K., & Juwana, S. (2009). *Biologi laut: Ilmu pengetahuan tentang biota laut*. Penerbit Djambatan.
- Sulochanan, B., Rohit, P., & Lavanya, S. (2014). *Procedures for seawater, sediment, plankton and benthos analysis: Chlorophyll based remote sensing assisted Indian Fisheries Forecasting System [Manual]*. Mangalore Research Centre of ICAR-CMFRI.
- Verlencar, X. N., & Desai, S. (2004). *Phytoplankton identification manual*. National Institute of Oceanography.



BAB XI

PERANAN PLANKTON DI BIDANG PERIKANAN

PENDAHULUAN

Pokok bahasan ini memperjelas peranan plankton di perairan dan pemanfaatannya di bidang perikanan budi daya.

CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

Setelah mempelajari materi peranan plankton di bidang perikanan, mahasiswa diharapkan mampu menyimpulkan peranan penting plankton di perairan dan manfaatnya di bidang perikanan budi daya.

INDIKATOR

1. Mahasiswa mampu menyimpulkan peranan plankton di perairan.
2. Mahasiswa mampu memperjelas manfaat plankton di bidang perikanan budi daya.

PETUNJUK BAGI MAHASISWA

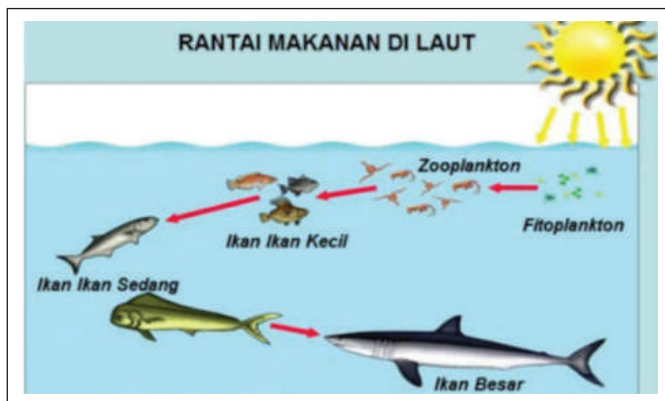
Sebelum mempelajari materi pada bab ini, mahasiswa dianjurkan untuk mempelajari kehidupan plankton di perairan dan hubungannya dengan rantai makanan serta karakteristik dari fitoplankton dan zooplankton.

A. Peranan Plankton di Perairan

Sebagai organisme mikroskopis yang terdiri dari fitoplankton dan zooplankton, plankton hidup secara luas di lingkungan perairan laut maupun darat. Sebagai organisme perairan, fitoplankton maupun zooplankton sangat memberikan kontribusi penting bagi kehidupan makhluk hidup dalam perairan.

Fitoplankton sebagai organisme terendah dalam rantai makanan di lingkungan perairan sering disebut sebagai produsen primer. Produsen primer dikarenakan kemampuan fitoplankton dalam melakukan aktivitas fotosintesis di mana mengubah materi anorganik menjadi materi organik yang selanjutnya akan dimanfaatkan organisme trofik level di atasnya sebagai sumber energi bagi pertumbuhan organisme tersebut. Fitoplankton memiliki klorofil yang mampu mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis. Fitoplankton merupakan pelaku produksi primer dalam perairan. Produksi primer adalah keadaan di mana fitoplankton akan menangkap karbon dari lingkungan sehingga fitoplankton berkontribusi sebesar setengah dari produksi primer secara global dan sisanya oleh tanaman terestrial (Ghosal dkk., 2000; Nontji, 2008).

Selanjutnya, fitoplankton akan dikonsumsi oleh zooplankton sebagai organisme trofik level kedua dalam rantai makanan. Besarnya peranan plankton, baik fitoplankton maupun zooplankton, di perairan menjadi petunjuk kesuburan perairan. Gambar 11.1 menjelaskan peranan plankton di perairan.



Sumber: Tiyas (2022)

Gambar 11.1 Rantai Makanan di Laut

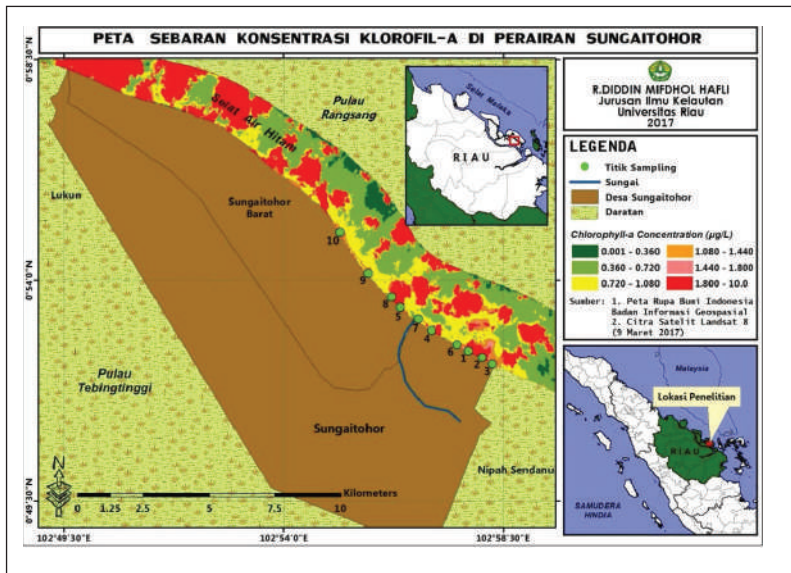
Fitoplankton mempunyai peran penting dalam rantai makanan di perairan. Ikan pelagis kecil dan larvanya memanfaatkan plankton (fitoplankton atau zooplankton) sebagai makanannya (Nontji, 2008). Fitoplankton berperan sebagai bahan makanan dasar utama dalam rantai makanan di dalam perairan (Davis, 1955). Dengan demikian, kelimpahan fitoplankton penting bagi potensi perikanan di perairan. Pentingnya plankton di perairan dapat dijadikan indikator kesuburan perairan, artinya makin tinggi kelimpahan plankton, berarti sumber makanan bagi ikan akan makin banyak.

Plankton juga berperan penting dalam mengatasi pemanasan global. Hal ini disebabkan fitoplankton dapat menyerap unsur karbon di lingkungan perairan yang dihasilkan oleh semua organisme perairan dalam mekanisme respirasi. Kemampuan fitoplankton dalam menyerap gas karbon yang ada di atmosfer makin besar sehingga dampak yang ditimbulkannya adalah iklim global dapat terkendali. Adhani dkk. (2022) menyatakan bahwa ketika jumlah fitoplankton yang ada dalam perairan jumlahnya lebih sedikit dari pada gas CO_2 yang ada di atmosfer, iklim global sulit untuk dikendalikan sehingga menyebabkan konsentrasi gas karbon dioksida di atmosfer juga akan meningkat.

Peran fitoplankton dalam mengendalikan iklim global dapat diketahui dengan menggunakan citra satelit, di mana sensor dari satelit dapat mengindra klorofil tumbuhan termasuk fitoplankton sebagai mikroflora, seperti satelit Sea WiFS milik NASA (Nontji, 2008). Selanjutnya, hasil bacaan satelit Sea WiFS mendapatkan bahwa fitoplankton dapat menyerap karbon hampir sama dengan tumbuhan darat, yaitu fitoplankton sebesar 40–50 miliar karbon/tahun dan tumbuhan darat sebesar 52 miliar karbon/tahun (Nontji, 2008).

Penggunaan citra satelit dalam membaca kesuburan perairan dengan menggunakan data klorofil-a terus berkembang dan banyak digunakan. Samiaji dkk. (2012) menyatakan bahwa metode penginderaan jauh (*remote sensing*) dapat digunakan untuk mengetahui konsentrasi klorofil-a di perairan.

Salah satu contoh tampilan sebaran klorofi-a dengan menggunakan hasil citra satelit dapat dilihat pada Gambar 11.2.



Sumber: Hafli dkk. (2017)

Gambar 11.2 Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a di Perairan Sungaitohor

Pengolahan data citra satelit berdasarkan variasi warna perairan (*ocean color*) dilakukan sebagai implementasi adanya perbedaan kandungan organisme dalam perairan (Haffli dkk., 2017). Salah satunya yaitu citra satelit Landsat 8 menjadi salah satu produk yang telah dikembangkan dalam memantau parameter kualitas perairan seperti klorofil-a (Lim & Choi, 2015).

Mengetahui kandungan klorofil-a di perairan dapat memprediksi kesuburan dan berdampak pada penentuan *fishing ground*. Kesuburan suatu perairan sangat berhubungan dengan kelimpahan fitoplankton dan dapat digunakan sebagai indikator tingginya konsentrasi klorofil-a. Kandungan klorofil-a yang tinggi akan meningkatkan produktivitas zooplankton sehingga tercipta suatu rantai makanan yang menunjang produktivitas ikan di perairan (Haffli dkk., 2017).

B. Peranan Plankton dalam Budi Daya

Budi daya perairan atau akuakultur merupakan kegiatan menghasilkan biota perairan di lingkungan terkontrol dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan, mendapatkan keuntungan, serta tujuan yang lain, seperti *restocking* (Kordi, 2011). Kegiatan budi daya biota perairan saat ini makin berkembang meliputi bentos dan nekton guna mengatasi berkurangnya populasi biota-biota tersebut karena *over fishing* maupun degradasi lingkungan. Selain itu, kegiatan tersebut juga dapat meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan masyarakat nelayan.

Keberhasilan budi daya perairan membutuhkan kondisi lingkungan budi daya yang sesuai, antara lain parameter lingkungan perairan, seperti suhu, derajat keasaman, salinitas, oksigen terlarut, dan ketersediaan pakan. BBPBL (2007) menyatakan bahwa ketersediaan pakan merupakan unsur penting dalam keberhasilan budi daya perairan. Pakan merupakan salah satu faktor pembatas bagi organisme yang dibudidayakan.

Budi daya perairan meliputi kegiatan domestikasi, pembenihan, pendederan, pembesaran, pemanenan, dan pemasaran. Kegiatan pembenihan merupakan kegiatan menghasilkan benih yang dibudidayakan. Pada fase benih, pakan yang digunakan berupa pakan alami, yaitu

fitoplankton dan zooplankton. Beberapa jenis plankton yang dibudidayakan antara lain sebagai berikut.

1) Fitoplankton

a) *Chlorella* sp.

Chlorella sp. bersel tunggal, berukuran mikroskopis, berbentuk bulat seperti bola ataupun bulat telur dan diameter selnya berukuran 2–8 μm (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995). Klasifikasi *Chlorella* menurut Bougis (1979, dalam Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995) sebagai berikut.

Divisi: Chlorophyta

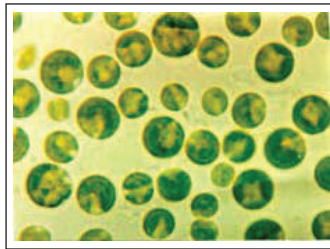
Kelas: Chlorophyceae

Ordo: Chlorococcales

Famili: Chlorellaceae

Genus: *Chlorella*

Spesies: *Chlorella* sp.



Sumber: Suwanti (2022)

Gambar 11.3 *Chlorella* sp.

Sel *Chlorella* sp. mempunyai protoplasma yang berbentuk cawan dan tidak mempunyai flagela sehingga tidak dapat bergerak aktif, dinding selnya terdiri dari selulosa dan pektin, setiap selnya terdapat sebuah inti sel dan satu kloroplas (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995). Parameter lingkungan yang mendukung pertumbuhan *Chlorella* sp., yaitu salinitas 0–35 ppt, suhu 25–30°C, tetapi masih bisa bertahan hidup pada suhu 40°C (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995).

b) *Navicula* sp.

Klasifikasi *Navicula* sp menurut Tomas (1997) sebagai berikut.

Divisi: Chromophyta

Kelas: Bacillariophyceae

Ordo: Bacillariales

Famili: Naviculacea

Genus: *Navicula*

Spesies: *Navicula* sp.

Navicula sp. merupakan alga uniseluler yang termasuk kelas Diatom, dari ordo Penales atau *pennate diatom*. *Navicula* sp. memiliki bentuk sel yang lonjong memanjang dan mempunyai ukuran sel yang berkisar antara 2–20 μm , serta masing-masing selnya dapat bergerak bebas atau dapat membentuk satu koloni (Mujiman, 1984). Dinding sel *Navicula* sp. mengandung silikat (SiO_2) sehingga berwarna cokelat pirang. Sel dengan kerangka silikat disebut frustula. Frustula terdiri dari dua bagian, yaitu dasar kotak (*hipoteka*) dan tutup kotak (*epiteka*) (Nontji, 2008).



Sumber: Padang dkk. (2014)

Gambar 11.4 *Navicula* sp.

Navicula sp. bereproduksi secara seksual, aseksual dan fase auxospora (*auxospore*) berukuran besar yang akan membelah menghasilkan sel baru yang kembali berukuran besar (Nontji, 2008). *Navicula* sp. mempunyai kandungan nutrisi yang cukup tinggi dan sangat dibutuhkan bagi pertumbuhan organisme budi daya. Komposisi nutrisi *Navicula* sp., yaitu protein \pm 48%, lemak \pm 19%, karbohidrat \pm 16%,

mineral \pm 12,1% (Renaud dkk., 1997, dalam Padang dkk., 2013). Parameter lingkungan yang sesuai bagi pertumbuhan *Navicula* sp. yang dibudidayakan, yaitu suhu 20–25°C, pH 7–9, dan salinitas 10–33 ppt (Makatipu dkk., 1996). Padang dkk. (2013) mendapatkan intensitas cahaya 15.000 lux memberikan pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan intensitas cahaya 10.000 lux dan 5.000 lux dalam wadah terkontrol.

c) *Dunaliella* sp.

Dunaliella sp. merupakan fitoplankton uniseluler/bersel tunggal, mempunyai dua flagel yang sama panjang dan tidak berdinging sel, dan kaya dengan kandungan β -karoten dan gliserol (Ben-Amotz, 1982). Erlania (2009, dalam Padang dkk., 2018) mengemukakan bahwa *Dunaliella* sp. mengandung 14% β -karoten dari bobot keringnya.

Klasifikasi *Dunaliella* sp. berdasarkan Tomas (1997) sebagai berikut.

Divisi: Chlorophyta

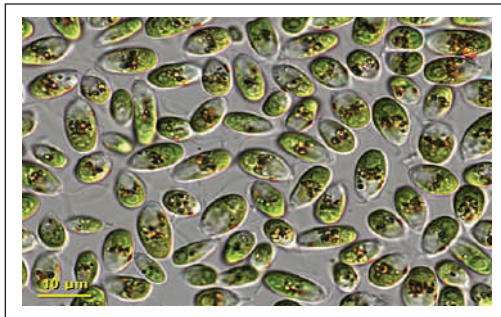
Kelas: Chlorophyceae

Ordo: Volvocales

Famili: Dunaliellaceae

Genus: *Dunaliella*

Spesies: *Dunaliella* sp.



Sumber: Payara (2022)

Gambar 11.5 *Dunaliella* sp.

Dunaliella sp. bersifat halofilik, yaitu menyukai kondisi lingkungan dengan salinitas yang tinggi (Isnansetyo & Kurnianstuti, 1995). Reproduksi secara seksual dan aseksual. Parameter lingkungan yang mendukung pertumbuhan *Dunaliella* sp., yaitu suhu 22–26°C, salinitas 30–38 ppt, pH 6–6,5 (BBPBL, 2007). Penelitian Padang dkk. (2018) mendapatkan intensitas cahaya 5.000, 10.000, dan 15.000 lux memberikan pengaruh yang sama bagi pertumbuhan *Dunaliella* sp. skala laboratorium.

d) *Tetraselmis* sp.

Tetraselmis sp. diklasifikasikan oleh Tomas (1997) sebagai berikut.

Divisi: Chlorophyta

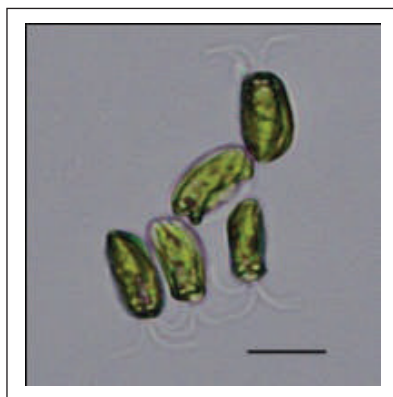
Kelas: Prasinophyceae

Ordo: Chlorodendrales

Famili: Chlorodendraceae

Genus: *Tetraselmis*

Spesies: *Tetraselmis* sp.



Sumber: Borowitzka (2018)

Gambar 11.6 *Tetraselmis* sp.

Mudjiman (1984) mengemukakan bahwa sel-sel *Tetraselmis* sp. berupa sel tunggal, berukuran 7–12 µm, berklorofil, berwarna hijau cerah, inti sel jelas dan berukuran kecil serta dinding sel mengandung selulosa dan pektosa, memiliki flagela. *Tetraselmis* sp. bereproduksi secara seksual dan aseksual dan hidup di perairan payau dan laut (BBP-BL, 2007).

Parameter lingkungan yang mendukung pertumbuhan *Tetraselmis* sp., yaitu suhu 10–30°C, salinitas 25–35 ppt, pH 7–8 (BBPBL, 2007). Padang dkk. (2015) mendapatkan intensitas cahaya 15.000 lux memberikan pengaruh pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan intensitas cahaya 10.000 lux dan 5.000 lux pada skala laboratorium.

Kandungan gizi *Tetraselmis* sp. yaitu protein 49,75%, karbohidrat 21,13%, dan lemak 9,10% (Isnansetyo & Kurniastuti, 1995). Padang dkk. (2015) mendapatkan bahwa *Tetraselmis* sp. digunakan sebagai pakan larva ikan dan non-ikan serta dalam pemeliharaan larva ikan laut dengan sistim *green water*. *Tetraselmis* sp. juga dapat digunakan sebagai pakan untuk memproduksi *Brachionus plicatilis*.

e) *Nannochloropsis* sp.

Klasifikasi *Nannochloropsis* sp. menurut Hibberd (1981) sebagai berikut.

Divisi: Chromophyta

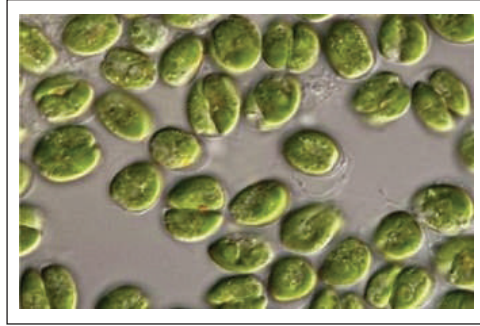
Kelas: Eustigmatophyceae

Ordo: Eustigmatales

Famili: Eustigmataceae

Genus: *Nannochloropsis*

Spesies: *Nannochloropsis* sp.



Sumber: Zanella dan Vianello (2020)

Gambar 11.7 *Nannochloropsis* sp.

Nannochloropsis sp. merupakan alga bersel tunggal, berwarna hijau, dan berflagela. Selnya berbentuk oval, berukuran kecil dengan diameter 2–4 μm (BBPBL, 2007). Ia merupakan pakan untuk Rotifer, *Artemia*, dan umumnya merupakan pakan alami bagi organisme penyaring (*filter feeder*) (Anon, 2009, dalam Fachrullah, 2011). *Nannochloropsis* sp. memiliki dinding sel dari komponen selulosa (Sachlan, 1982). *Nannochloropsis* sp. berwarna hijau kuning, berbentuk bola, berukuran kecil dengan diameter 2–4 μm .

Fulks dan Main (1991) mengemukakan bahwa *Nannochloropsis* sp. mengandung vitamin B12 dan *eicosapentaenoic acid* (EPA) sebesar 30,5% dan total kandungan omega 3 HUFA sebesar 42,7% serta mengandung protein 57,02%, di mana vitamin B12 sangat penting untuk populasi Rotifer dan EPA bagi pakan larva dan juvenil ikan laut. Menurut Dianursanti dan Wijanarko (2007), keunggulan *Nannochloropsis* sp. yaitu mudah dikultur, tidak menimbulkan racun atau kerusakan di bak pemeliharaan larva, pertumbuhannya relatif cepat, memiliki kandungan antibiotik, dan memiliki kemampuan adsorpsi.

Parameter lingkungan yang sesuai bagi pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. yaitu salinitas 25–35 ppt, suhu 25–30°C, pH 8–9,5 (Isnansetyo & Kurniastuti, 1995). Padang dkk. (2019) mendapatkan

intensitas cahaya 15.000 lux memberikan pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan intensitas cahaya 10.000 lux dan 5.000 lux skala laboratorium.

f) Coccolithophore

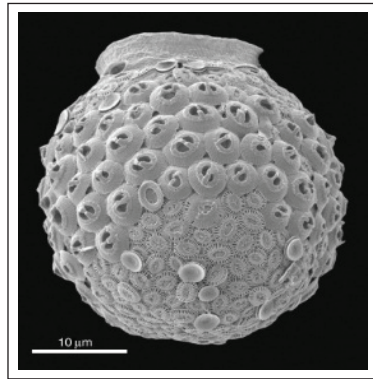
Klasifikasi Coccolithophore menurut Tomas (1997) sebagai berikut.

Divisi: Chromophyta

Kelas: Prymnesiophyceae

Ordo : Coccochaerales

Famili: Coccolithophoridae



Sumber: Tyrrell dan Young (2009)

Gambar 11.8 Coccolithophore

Coccolithophore merupakan plankton laut yang memiliki dua flagela seperti Dinoflagellata, tetapi jenis ini tidak beracun sehingga aman digunakan sebagai pakan alami bagi biota laut yang dibudidayakan serta memberikan pertumbuhan yang baik bagi rotifera (Padang dkk., 2010).

Coccolithophore dibudidayakan dan digunakan sebagai pakan alami karena Coccolithophore memiliki banyak senyawa organik (Padang, 2014). Ukuran selnya sekitar 2–20 μm atau tergolong nano-

plankton (Nontji, 2008). Coccolithophore merupakan sumber pakan penting bagi berbagai biota laut (Nontji, 2008) karena dinding selnya terdiri dari kalsium karbonat (CaCO_3) berbentuk seperti kristal (Huliselan dkk., 2006; Nontji, 2008).

Keunggulan Coccolithophore sebagai pakan alami karena dapat hidup dengan intensitas cahaya yang rendah (Nontji, 2008; Huliselan dkk., 2006) sehingga pada saat musim timur saat intensitas cahaya matahari rendah Coccolithophore dapat dikultur secara *outdoor*. Hal itu sebagaimana dikemukakan oleh Khabibulloh dkk. (2010) yang mengkultur Coccolithophore sebagai pakan alternatif bagi pemeliharaan larva kerapu tikus (*Epinephelus altivelis*) di Balai Budidaya Laut Ambon karena *Chlorella* sp. yang biasa digunakan sebagai pakan terganggu saat intensitas cahaya matahari rendah. Coccolithophore selain mengandung kalsium karbonat, juga mengandung tepung 13,5%, karbohidrat 6,56%, lemak 0,2%, abu 66,69%, dan air 12,75% (Khabibulloh dkk., 2010).

g) *Skeletonema costatum*

Menurut Tomas (1997) *Skeletonema costatum* memiliki klasifikasi sebagai berikut.

Divisi: Chromophyta

Kelas: Bacillariophyceae

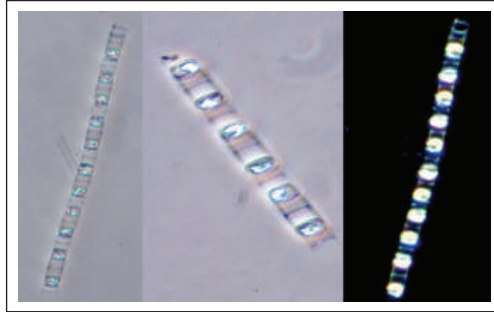
Ordo: Biddulphiales

Subordo: Coscinodiscineae

Famili: Thalassiosiraceae

Genus: *Skeletonema*

Spesies: *Skeletonema costatum*



Sumber: Fisheries and Oceans Canada (2011)

Gambar 11.9 *Skeletonema costatum*

Skeletonema costatum termasuk alga unisel yang selnya berbentuk kotak yang terdiri atas *epitheca* dan *hypotheca*. Dinding sel tersusun atas silikat (SiO_2) dan berukuran 4–15 mikron. Karotenoid dan diatomin merupakan pigmen yang dominan (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995).

Skeletonema costatum banyak digunakan sebagai pakan alami dalam usaha pembenihan udang, ikan, kerang-kerangan, dan kepiting (Nurjamila dkk., 2021). *Skeletonema costatum* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan pakan buatan karena memiliki enzim *autolysis* sendiri sehingga mudah dicerna oleh larva dan tidak mengotori media budi daya (Sutomo, 2005). *Skeletonema costatum* banyak dimanfaatkan pada budi daya udang karena memiliki kandungan protein berkisar antara 21,63–32,05% (Herawati & Hutabarat, 2014).

Skeletonema costatum hidup di laut dengan intensitas cahaya berkisar antara 500–12.000 lux, salinitas sebesar 25–29 ppt, suhu 15–34°C, dan pH sebesar 7,5–8 (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995; Edhy dkk., 2003). Menurut Das and Sarwar (1998, dalam Nurjamila dkk., 2021) kandungan nutrisi *Skeletonema costatum* yaitu protein 37%, lemak 7%, dan karbohidrat 21%.

h) *Chaetoceros* sp.

Chaetoceros sp. merupakan fitoplankton uniseluler dan diklasifikasikan menurut Tomas (1997) sebagai berikut.

Divisi: Chromophyta

Kelas: Bacillariophyceae

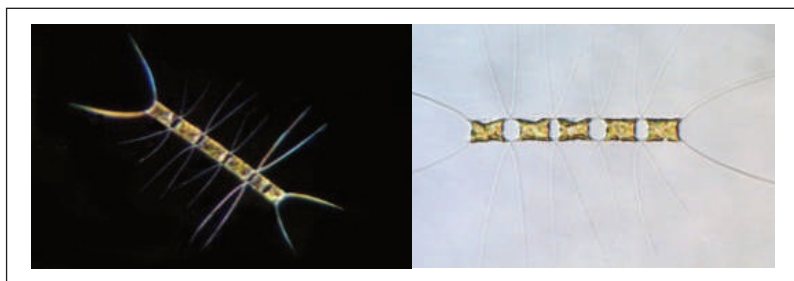
Ordo: Bidduphiales

Subordo: Biddulphiineae

Famili: Chaetocerotaceae

Genus: *Chaetoceros*

Spesies: *Chaetoceros* sp.



Sumber: Bryant (2015)

Gambar 11.10 *Chaetoceros* sp.

Chaetoceros sp. memiliki bentuk tubuh bulat berukuran 4–6 mikron dan berbentuk segi empat dengan ukuran sel 8–12 x 7–18 mikron. Kandungan nutrisi *Chaetoceros* sp. yaitu protein 35%, lemak 6,9%, karbohidrat 6,6%, dan kadar abu 28% (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995). Menurut Sektiana (2008, dalam Indarmawan dkk., 2012), *Chaetoceros* sp. merupakan pakan alami yang umum digunakan dalam marikultur karena memiliki kandungan protein yang tinggi dan mudah untuk dicerna.

Habitat *Chaetoceros* sp. di air laut dengan intensitas cahaya berkisar antara 500–12.000 lux, jika intensitas cahaya kurang dari 500

Buku ini tidak diperjualbelikan.

lux, *Chaetoceros* sp. tidak dapat tumbuh, kisaran salinitas sebesar 25–29 ppt, suhu sebesar 20–34°C, dan pH sebesar 7,5–8 (Edhy dkk., 2003).

i) *Phaeodactylum tricorutum*

Phaeodactylum tricorutum merupakan fitoplankton uniseluler dan diklasifikasikan Tomas (1997) sebagai berikut.

Divisi: Chromophyta

Kelas: Bacillariophyceae

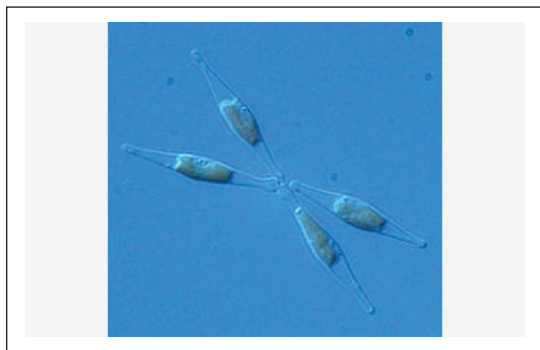
Ordo: Bacillariales

Subordo: Bacillariineae

Famili: Phaeodactylaceae

Genus: *Phaeodactylum*

Spesies: *Phaeodactylum tricorutum*



Sumber: Al Hattab (2014)

Gambar 11.11 *Phaeodactylum tricorutum*

Phaeodactylum tricorutum berwarna cokelat keemasan, bersel tunggal dan dinding sel terdiri dari silikat, berbentuk lonjong, segi tiga atau *fusiform*, dan memiliki epiteka-hipoteka (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995). *Phaeodactylum tricorutum* memiliki beberapa kelebihan sebagai pakan alami karena mudah dijumpai dalam jumlah

banyak sehingga digunakan sebagai makanan untuk larva moluska seperti *Ostrea edulis* dan *Crosastrea gigas* (Marasabessy, 2011).

Phaeodactylum tricorutum dimanfaatkan untuk suplemen makanan hewan yang dibudidayakan, seperti udang penaeid (*Penaeus japonicus*). Okauchi dan Tokuda (2003) mendapatkan *Phaeodactylum tricorutum* tumbuh dengan baik pada suhu 25–30°C dengan *limiting temperature* 15–35°C dan kondisi salinitas sebesar dan 10–40 ppt.

j) *Spirulina* sp.

Spirulina sp. merupakan mikroalga yang menyebar secara luas dan dapat ditemukan di berbagai tipe lingkungan, baik di perairan payau, laut, dan tawar (Ciferri, 1983, dalam Hidayati, 2014). *Spirulina* sp. diklasifikasikan menurut Stewart (1974) dalam Isnansetyo dan Kurniastuty (1995) sebagai berikut.

Divisi: Cyanophyta

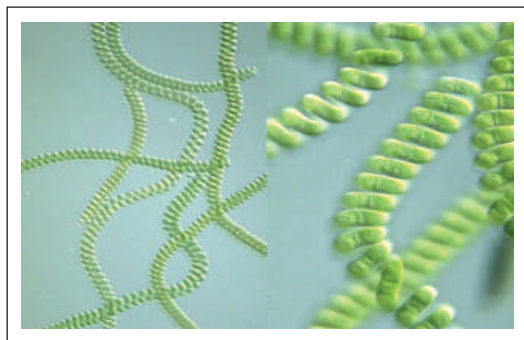
Kelas: Cyanophyceae

Ordo: Nostocales

Famili: Oscilatoriaceae

Genus: *Spirulina*

Spesies: *Spirulina* sp.



Sumber: Fisheries Exploration dan Conservation (2012)

Gambar 11.12 *Spirulina* sp.

Spirulina sp. berwarna hijau-kebiruan, berbentuk spiral yang bergabung menjadi satu, memiliki sel berkoloni membentuk filamen terpilin mempunyai spiral, tidak bercabang, dan autotrof. Bentuk tubuh *Spirulina* sp. menyerupai benang yang merupakan rangkaian sel yang berbentuk silindris dengan dinding sel yang tipis, berdiameter 1–12 μm (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995).

Parameter lingkungan yang mendukung pertumbuhan *Spirulina* sp. yaitu suhu. Suhu terendah untuk *Spirulina* yaitu 15°C dan pertumbuhan yang optimal, yaitu 35–40°C dengan salinitas yang optimum, yaitu 15–20 ppt (Hariyati, 2008). Ciferri (1983, dalam Robi, 2014) menyatakan bahwa intensitas cahaya optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. berkisar antara 2.000–3.000 lux.

Kandungan protein pada *Spirulina* sp. berkisar antara 60%–70% dari berat kering, mengandung provitamin A tinggi, sumber β -karoten yang kaya vitamin B12 dan digunakan dalam pengobatan anemia, kandungan lipid sekitar 4%–7%, serta karbohidrat sekitar 13,6% (Carrieri dkk., 2010, dalam Ayu & Kusuma, 2018). *Spirulina* sp. juga mengandung kalium, protein dengan kandungan *Gamma Linolenic Acid* (GLA) yang tinggi, vitamin B1, B2, B12, dan C sehingga sangat baik apabila dijadikan pakan ataupun bahan untuk makanan dan obat-obatan (Tokusoglu & Unal, 2006; Brown dkk., 1997, dalam Nurlina, 2018).

k) *Isochrysis galbana*

Klasifikasi *Isochrysis galbana* menurut Tomas (1997) sebagai berikut.

Divisi: Chromophyta

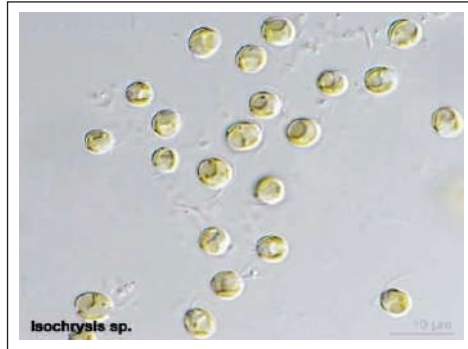
Kelas: Prymnesiophyceae

Ordo: Isochrysidales

Famili: Isochrysidaceae

Genus: *Isochrysis*

Spesies: *Isochrysis galbana*



Sumber: Varma (2022)

Gambar 11.13 *Isochrysis* sp.

Isochrysis sp. berbentuk unisel, bersifat motil, memiliki panjang 5–6 μm , dan lebar 2–4 μm dengan bentuk yang elips. Ia memiliki dua flagela dengan panjang yang sama atau lebih panjang, yaitu sekitar 7 μm yang disebut haptonema. Parameter ekologi yang mendukung pertumbuhan *Isochrysis galbana* yaitu salinitas 10–30 ppt, suhu 3–32°C, intensitas cahaya 300–10.000 lux dan pH 6,5–8,5.

Rusyani (2001) mengemukakan bahwa reproduksi *Isochrysis galbana* secara pembelahan sel melalui zoospora (*stato-spore*), di mana sel induk membelah diri menjadi dua sel anak betina.

Kandungan proksimat *Isochrysis galbana* terdiri dari kandungan protein 46,69%, karbohidrat 24,15%, dan lemak 17,07% serta kaya DHA. Kandungan asam lemak (*fatty acid*) *Isochrysis* sp. berkisar antara 14%–26% (Natassya, 2008). Safitri dkk. (2020) mengemukakan bahwa *Isochrysis* sp. memiliki kandungan gizi tertinggi, ukuran, dan sifat yang sesuai dengan kebutuhan larva sehingga memberikan laju pertumbuhan yang tinggi dalam meningkatkan kelulusan hidup stadia larva teripang pasir pada fase auricularia.

l) *Scenedesmus* sp.

Klasifikasi *Scenedesmus* sp. menurut Kawaroe dkk. (2010) sebagai berikut.

Filum: Chlorophyta

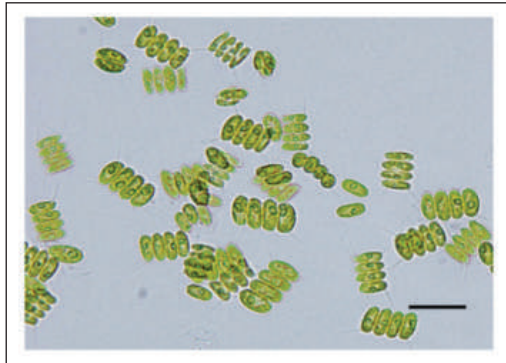
Kelas: Chlorophyceae

Ordo: Chlorococcales

Famili: Scenedesmaceae

Genus: *Scenedesmus*

Spesies: *Scenedesmus* sp.



Sumber: Pham dan Bui (2020)

Gambar 11.14 *Scenedesmus* sp.

Scenedesmus sp. umumnya membentuk koloni, terdiri atas 2, 4, 8, dan 10 sel. *Scenedesmus* sp. berbentuk silindris dan umumnya membentuk koloni berukuran lebar 12–14 mikron dan panjang 15–20 mikron. Selnya berbentuk elips hingga *lanceolate* (panjang dan ramping) dan beberapa memiliki duri atau tanduk (Irianto, 2011).

Kawaroe dkk. (2010) menyatakan *Scenedesmus* sp. mengandung protein 8%–56%, karbohidrat 10%–52%, lemak 2%–40% dan *nucleic acid* 3%–6%. Asam lemak pada *Scenesmus* sp. 25,61% berupa linoleat, 23,459% oleat, serta 20,286% palminat.

m) *Nitzschia* sp.

Klasifikasi *Nitzschia* sp. menurut Tomas (1997) sebagai berikut.

Divisi: Chromophyta

Kelas: Bacillariophyceae

Ordo: Bacillariales

Subordo: Bacillariineae

Famili: Bacillariaceae

Genus: *Nitzschia*

Spesies: *Nitzschia* sp.



Sumber: Agustin (2020)

Gambar 11.15 *Nitzschia* sp.

Nitzschia sp. memiliki panjang 3–10 μm dan lebar 3–4 μm (Kaciolek, 2011, dalam Aggraeni, 2016). *Nitzschia* sp. bereproduksi secara seksual, aseksual, dan auxospora. *Nitzschia* sp. mudah untuk dibudidayakan (dikultur) karena memiliki toleransi yang luas terhadap suhu, salinitas, dan pH. *Nitzschia* sp. mengandung nilai gizi yang tinggi sehingga sangat cocok untuk pemeliharaan larva, seperti Crustacea, bivalvia, dan ikan (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995). Larva hewan gastropoda yang memanfaatkan *Nitzschia* sp. sebagai pakan antara lain abalon (*Haliotis* sp.) (Setyono, 2009) dan larva siput gonggong

Buku ini tidak diperjualbelikan.

(*Strombus turturela*) (Dody, 2013).Widianingsih dkk. (2011) menyatakan bahwa *Nitzschia* sp. mengandung protein 33%, lemak 21%, dan karbohidrat 28%. *Nitzschia* sp. hidup pada kisaran suhu 21–28°C dan salinitas 28–35 ppt (Djarajah, 1995), sedangkan pH 8–8,5 (Balai Budidaya Lampung, 2002).

n) *Thalassiosira* sp.

Klasifikasi *Thalassiosira* sp. menurut Tomas (1997) sebagai berikut.

Divisi: Chromophyta

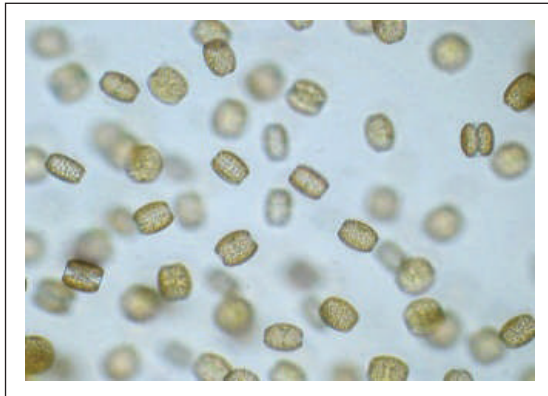
Kelas: Bacillariophyceae

Ordo: Biddulphiales

Famili: Thalassiosiraceae

Genus: *Thalassiosira*

Spesies: *Thalassiosira* sp.



Sumber: Koen (2013)

Gambar 11.16 *Thalassiosira* sp.

Thalassiosira sp. memiliki karakteristik berbentuk silindris pendek dan memiliki ukuran 4–32 μm , berupa benang mukosa sentral halus yang menghubungkan sel dalam rantai yang longgar, ada juga sebagian

kecil sel yang menempel dalam sebuah massa mukosa. *Thalassiosira* sp. memiliki karakteristik, yaitu pori-pori sentral mukosa yang sering disebut dengan *single apiculus* (Cleve, 1873, dalam Edhy dkk., 2003).

Budi daya *Thalassiosira* sp. di laboratorium di mana cahaya matahari dapat digantikan dengan lampu TL dengan intensitas cahaya 5.000–10.000 lux. Keunggulan dari *Thalassiosira* sp. adalah mudah dibudidayakan, cepat dicerna karena hanya memiliki satu inti sel dan tidak berantai, terserang penyakit rendah, menghasilkan sintasan yang lebih tinggi, memiliki kandungan nutrisi yang tinggi sehingga memenuhi syarat bagi pertumbuhan larva udang vaname dan jenis krustasea lainnya.

Thalassiosira sp. dapat hidup pada suhu 8,4–17,2°C, salinitas 32,61–34,64 ppt. *Thalassiosira* sp. memiliki kandungan protein 21,85%–37%, lemak 2,41%–10%, dan karbohidrat 17%–21% (Erlina dkk., 2004).

2) Zooplankton

a) *Moina* sp.

Mudjiman (1984) mengklasifikasikan *Moina* sp. sebagai berikut.

Filum: Arthropoda

Kelas: Crustacea

Subkelas: Entomostraca

Ordo: Phylopoda

Subordo: Cladocera

Famili: Dephniidae

Genus: *Moina*

Spesies: *Moina* sp.



Sumber: Coronado dkk. (2014)

Gambar 11.17 *Moina* sp.

Ukuran *Moina* sp. berkisar antara 500–1.000 mikron (Mudjiman, 1984). Ciri khas dari *Moina* sp. adalah bentuk tubuh pipih ke samping, dinding tubuh bagian punggung membentuk suatu lipatan sehingga menutupi bagian tubuh beserta anggota-anggota tubuh pada kedua sisinya. Bentuk tubuh *Moina* sp. tampak seperti sebuah cangkang kerang-kerangan. Kandungan gizi *Moina* sp. umumnya terdiri dari air (99,60%), protein (37,38%), lemak (13,29%), serat kasar (11,00%), dan abu (0%) (Mudjiman, 1984).

b) *Daphnia* sp.

Mudjiman (1984) mengklasifikasikan *Daphnia* sp. sebagai berikut.

Filum: Arthropoda

Kelas: Crustacea

Subkelas: Entomostraca

Ordo: Phylopoda

Subordo: Cladocera

Famili: Dephnidae

Genus: *Daphnia*

Spesies: *Daphnia* sp.



Sumber: Thelen (2021)

Gambar 11.18 *Daphnia* sp.

Daphnia sp. berukuran panjang tubuh antara 1.000–5.000 (Mudjiman, 1984). *Daphnia* sp. mempunyai bentuk tubuh pipih bilateral dan ditutupi oleh cangkang dari kutikula yang mengandung kitin transparan yang disebut karapaks (Djarajah, 1995).

Daphnia sp. adalah Crustasea berukuran kecil yang hidup di perairan tawar, sering juga disebut sebagai kutu air dan sering digunakan sebagai pakan untuk larva ikan (Pangkey, 2009). Kandungan protein *Daphnia* sp. berkisar 42%–54%, lemak berkisar 6,5%–8% dari berat keringnya dan asam lemak linoleat dan linolenatnya berkisar 7,5 dan 6,7% (Rahman dkk., 2013). Pennak (1989) mengemukakan bahwa *Daphnia* sp. tumbuh pada lingkungan dengan kisaran pH antara 6,5–8,5, salinitas 1,5 ppt, suhu 18–24°C. *Daphnia* sp. masih dapat hidup dan berkembang biak dengan baik pada konsentrasi oksigen terlarut optimum di atas 3,5 mg/l dan kandungan amoniak antara 0,35–0,61 ppm (Mokoginta, 2003).

c) *Artemia* sp.

Klasifikasi *Artemia* sp. menurut Bougis (1979, dalam Isnansetyo & Kurniastuty, 1995) sebagai berikut.

Filum: Arthropoda

Kelas: Crustacea

Subkelas: Branchiopoda

Ordo: Anostraca

Famili: Artemidae

Genus: *Artemia*

Spesies: *Artemia* sp.



Sumber: Hillewaert (2010)

Gambar 11.19 *Artemia* sp.

Artemia sp. memiliki keunggulan sebagai pakan alami karena mempunyai nilai gizi tinggi, dapat menetas dengan cepat, ukurannya relatif kecil, pergerakan lambat, dan dapat hidup pada kepadatan tinggi (Tyas, 2004). *Artemia* sp. merupakan pakan alami yang sangat penting dalam pembenihan ikan laut, Crustacea, ikan konsumsi air tawar, dan ikan hias air tawar karena ukurannya yang sangat kecil. Nilai gizi *Artemia* sp. sangat tinggi dan sesuai dengan kebutuhan gizi untuk larva ikan dan Crustacea (Djarijah, 1995).

Marihati (2013) menyatakan bahwa *Artemia* sp. memiliki kandungan gizi, yaitu protein 52,7%, karbohidrat 15,4%, lemak 4,8%,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

air 10,3%, dan abu 11,2%. *Artemia* sp. secara umum tumbuh dengan baik pada kisaran suhu 25–30°C, salinitas 30–50 ppt (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995).

d) Rotifer (*Branchionus plicatilis*)

Klasifikasi *Branchionus plicatilis* menurut Villegas (1982, dalam Isnansetyo & Kurniastuty, 1995) sebagai berikut.

Filum: Trochelminthis

Kelas: Rotatoria/Rotifera

Ordo: Monogonanta

Famili: Brachioninae

Genus: *Branchionus*

Spesies: *Branchionus plicatilis*



Sumber: Mahajan (2022)

Gambar 11.20 *Branchionus plicatilis*

Ada tiga kelas rotifera, yaitu (1) Seisinoidea, (2) Bdelloidea merupakan kelompok yang menyerupai cacing dan bereproduksi secara aseksual, dan (3) Monogononta merupakan kelas yang di dalamnya

terdapat *Brachionus plicatilis*, *Brachionus calyciflorus*, dan *Brachionus rubens*.

Brachionus plicatilis berukuran 40–250 μm dan paling banyak digunakan sebagai pakan alami untuk usaha pembenihan dan sangat diperlukan sebagai pakan hidup berbagai macam larva ikan laut dan larva Crustaceae yang dibudidayakan pada stadia awal (Padang dkk., 2017; Setiyono & Raharjo, 2020).

Brachionus plicatilis mempunyai beberapa kelebihan sebagai pakan alami, yaitu gerakan sangat lambat sehingga mudah dimangsa oleh larva, pertumbuhan dan perkembangan sangat cepat, laju reproduksi yang tinggi atau mudah dikembangbiakkan, mudah dicerna oleh larva ikan, waktu kultur yang relatif singkat, mudah di kultur massal serta mempunyai kandungan gizi yang cukup tinggi serta dapat diperkaya dengan asam lemak dan antibiotik (Setiyono & Raharjo, 2020).

Kandungan gizi *Brachionus plicatilis* yaitu protein 28%–63%, lipid 9%–28%, karbohidrat 10,5%–27%, glukosa (dengan komponen utama glikogen) 61%–80%, ribosa 9%–18%, 0,8%–7,0% galaktosa, *mannosa*, *deoxyglucosa*, *fucosa*, dan xilosa (Wullur, 2017). Parameter lingkungan yang mendukung pertumbuhan *Brachionus plicatilis* yaitu suhu 20–30°C, salinitas 10–20 ppt, dan pH 7,5–8,5 (Fulks & Main, 1991).

e) Copepoda

Peranan Copepoda dalam ekosistem perairan laut sangat penting sebagai sumber nutrisi alami bagi berbagai jenis organisme laut dan pengatur kepadatan populasi plankton berbahaya (Nontji, 1993). Budi daya Copepoda dilakukan untuk mencukupi nutrisi larva ikan serta udang (Novianto & Efendy, 2020). Copepoda sebagai pakan alami memiliki nutrisi tinggi yang diperlukan ikan laut (Tocher, 2003; Koszarowska dkk., 2019, dalam Ismi dkk., 2000). Copepoda merupakan jenis zooplankton yang sering digunakan sebagai pakan awal benih ikan kerapu dan dapat diproduksi secara massal (Aliah dkk., 2010).

Kandungan nutrisi Copepoda sangat baik sehingga menjadi alasan digunakan sebagai pakan alami biota perairan khususnya larva ikan yang dibudidayakan. Copepoda mempunyai kandungan *eicosapentae-*

noic acid (EPA) dan *docosahexaenoic acid* (DHA) lebih tinggi dibanding *Artemia salina* dan Rotifera (Aliah dkk., 2010).

Klasifikasi Copepoda menurut Nishida (1985, dalam BBPBL, 2007) sebagai berikut.

Filum: Arthropoda

Subfilum: Mandibula

Kelas: Crustacea

Subkelas: Copepoda

1) Ordo: Cyclopoida

Famili: Oithonidae

Genus: *Oithona*

Spesies: *Oithona* sp.

2) Ordo: Harpacticoida

Famili: Harpacticoidae

Genus: *Tigriopus*

Spesies: *Tigriopus* sp.

3) Ordo: Calanoida

Famili: Acartiinidae

Genus: *Acartia*

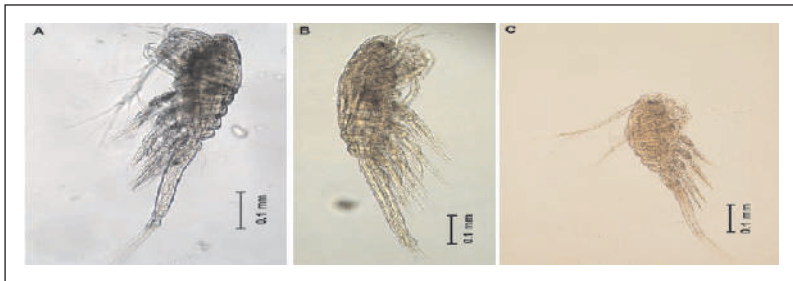
Spesies: *Acartia* sp.

Oithona sp. merupakan zooplankton yang sering ditemukan di daerah tropis di perairan tawar maupun perairan laut. *Oithona* sp. juga ditemukan pada daerah pasang surut serta sedimen dasar perairan. *Oithona* sp. bisa ditemukan hampir di seluruh ekosistem akuatik Indonesia (Novianto & Efendy, 2020). *Oithona* sp. mempunyai peluang untuk dimurnikan dan kemudian dikembangkan sebagai sumber nutrisi larva ikan.

Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh *Oithona* sp. adalah kandungan EFA dan HUFA-nya relatif tinggi, mengandung zat *immunostimulan* dan *attractants* serta mengandung beberapa enzim pencernaan (*digestive enzyme*) penting (Aliah dkk., 2010).

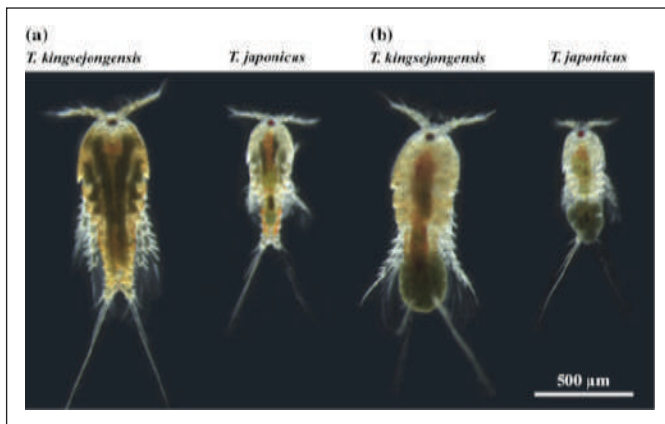
Genus *Acartia* merupakan kelompok Crustacea tingkat rendah. Genus ini banyak ditemukan di perairan tropis dan baik digunakan sebagai pakan larva (Dussart & Defaye, 2001). Menurut Ismi dkk. (2021) *Acartia* sp. cocok untuk pakan awal larva ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*).

Tigriopus sp. umumnya bersifat detritivora (pemakan detritus) dan dapat memakan berbagai jenis mikroalga dan bakteri, toleran terhadap perubahan kondisi lingkungan, mempunyai produktivitas tinggi, dan dapat dikultur dalam kepadatan tinggi (Nugraha & Intanurfemi, 2011, dalam Suminto dkk., 2019).



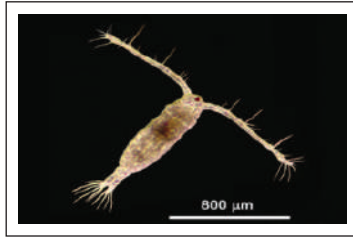
Sumber: Dogan dan İşinibilir (2016)

Gambar 11.21 *Oithona* sp.



Sumber: Han dkk. (2018)

Gambar 11.22 *Tigriopus* sp.



Sumber: Lundgren (2011)

Gambar 11.23 *Acartia* sp.

f) *Diaphanosoma* sp.

Menurut Yamaji (1966), *Diaphanosoma* sp. diklasifikasikan sebagai berikut.

Filum: Arthropoda

Subfilum: Crustacea

Kelas: Branchiopoda

Subkelas: Phyllopoða

Ordo: Cladocera

Famili: Sididae

Genus: *Diaphanosoma*

Spesies: *Diaphanosoma* sp.



Sumber: Jurnicek (2015)

Gambar 11.24 *Diaphanosoma* sp.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Diaphanosoma sp. hidup di air tawar, payau, maupun air laut. Bentuk tubuh oval atau bulat memanjang, transparan, dan badan tertutup karapak (Soelistyowati, 1978). Keutamaan *Diaphanosoma* sp. antara lain mudah dikultur, tidak merusak kondisi air media pembenihan, dan pertumbuhan yang singkat sehingga memungkinkan untuk diproduksi secara massal (Ari dkk., 2002). Parameter lingkungan yang mendukung pertumbuhan *Diaphanosoma* sp. yang dikultur yaitu suhu 25–29,5°C, pH 6,5–8,5 (Rusyani dkk., 2005), dan salinitas berkisar 25–27 ppt (Wina dkk., 2013).

RANGKUMAN

1. Plankton dapat dijadikan sebagai indikator kesuburan dan berperan penting dalam rantai makanan di perairan.
2. Plankton berperan dalam mengatasi pemanasan global dan dapat dideteksi menggunakan citra satelit.
3. Plankton berperan penting di bidang budi daya, sebagai pakan alami biota yang dibudidayakan.
4. Plankton yang dibudidayakan meliputi kelompok fitoplankton dan zooplankton.

TES FORMATIF

1. Tuliskan peranan plankton di bidang perikanan!
2. Rincikan peranan plankton dalam mengatasi iklim global!
3. Buatlah rangkuman beberapa jenis fitoplankton dan zooplankton yang dibudidayakan!

TINDAK LANJUT

1. Apabila mahasiswa belum dapat mengerjakan tugas di atas (<50%), dianjurkan mempelajari kembali Bab XI.
2. Apabila mahasiswa dapat mengerjakan tugas di atas, mahasiswa telah menguasai mata kuliah planktonologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, R. S., Diyana, R. I., Fitriyanah, H., Burika, I. N., Harvianti, P. D., & Hasanah, S. (2022). Pengaruh efektifitas fitoplankton dalam mencegah adanya global warming. Dalam *Proceeding Science Education National Conference*. Program Studi Pendidikan IPA Universitas Trunojoyo Madura.
- Agustin, K. R. (2020). *Nitzschia sp. adalah; Klasifikasi, morfologi, habitat dll*. Melek Perikanan. <https://www.melekperikanan.com/2020/06/klasifikasi-morfologi-habitat-nitzschia.html>
- Al Hattab, M. (2014). *Production of oil from freshwater and marine water microalgae for biodiesel production* [Tesis]. Dalhousie University. Diakses dari <https://dalspace.library.dal.ca/bitstream/handle/10222/53131/Alhattab-Mariam-MASc-BIOE-June-2014.pdf;jsessionid=699FB62BF3043CF898%20A109132B767282%20?sequence=5>.
- Aliah, R. S., Kusmiyati, & Yaniharto, D. (2010). Pemanfaatan Copepoda *Oithona* sp. sebagai pakan hidup larva ikan kerapu. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 12(1), 45–52.
- Anggraeni, T. D. (2016). *Teknik kultur Nitzschia sp. dari skala laboratorium sampai skala intermediet di Balai Budidaya Perikanan Air Payau (BPBAP) Situbondo* [Tesis tidak dipublikasikan]. Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga.
- Ari, K., Winanto T., & Anindiastuti. (2002). *Kajian pendahuluan penggunaan pakan fermentasi untuk kultur massal Cyclop sp.* DKP Dirjen Perikanan Budidaya, Balai Budidaya Laut Lampung.

- Ayu, R. P. K., & Kusuma, P. S. W. (2018). Kinerja benih lele yang diberi pakan tambahan serbuk spirulina. *Jurnal Stigma*, 11(2), 29–42. Prodi Biologi FMIPA UNIPA Surabaya.
- Balai Budidaya Lampung. (2002). *Budidaya fitoplankton dan zooplankton*. Balai Budidaya Laut Lampung, Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, Departemen Kelautan dan Perikanan.
- BBPBL. (2007). *Budidaya fitoplankton dan zooplankton* (Seri Budidaya Laut No. 9). Penerbit Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut Lampung.
- Ben-Amotz, A. Y., & Fshler, R. (1982). Induction of sexual reproduction and resting egg production in *Brachionus plicatilis* by a diet of salt-grown *Nannochloropsis oculata*. *Marine Biology*, 67, 289–294.
- Borowitzka, M. A. (2018). Microalgae in health and disease prevention. *Biology of Microalgae*. <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/tetraselmis>
- Bryant, P. J. (2015, 2 November). *Centric diatom*. Nathistoc. <https://nathistoc.bio.uci.edu/Diatoms/Chaetoceros%20sp.htm>
- Coronado, A., Vivian, M., & Camacho, C. (2014). Influence of yeast, chicken manure and daily feeding of *Chlorella ellipsoidea* in the population growth of *Moina micrura*. *PUP Journal of Science and Technology*, 7, 18–27.
- Davis. (1955). *The marine and fresh-water plankton*. Michigan State University Press.
- Dianursanti, & Winjanarko, A. (2007). Enhancement of cyanobacteria growth in serial configuration photobioreactor by photon flux density alteration. *Jurnal Teknologi*, 21(4), 299–308.
- Djarajah, A. S. (1995). *Pakan ikan alami* (Edisi pertama). Penerbit Kanisius.
- Dody, S. (2013). *Sumberdaya siput gonggong Kepulauan Bangka Belitung*. Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Dogan, G., & İşinibilir, M. (2016). First report of a new invasive species *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984 (Copepoda: *Cyclopoida*) in the sea of Marmara. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16,

- 471–475. DOI: 10.4194/1303-2712-v16_2_27. https://www.trjfas.org/uploads/pdf_891.pdf
- Dussart, B. H., & Defaye, D. (2001). *Introduction to the Copepoda* (2nd edition). Backhuys Publishers.
- Edhy, W. A., Januar, P., & Kurniawan. (2003). *Plankton di lingkungan PT. Central Pertiwi Bahari*. Laboratorium Central Department, Aquaculture Division PT. Central Pertiwi Bahari.
- Erlina, A., Amini, S., Endrawati, H., & Zainuri, M. (2004). Kajian nutritif phytoplankton pakan alami pada sistem kultivasi massal. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 9(4).
- Fachrullah, M. R. (2011). *Laju pertumbuhan mikroalga biofuel jenis Chlorella sp dan Nannochloropsis sp yang dikultivasi menggunakan air limbah hasil penambangan timah di Pulau Bangka* [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Fisheries and Oceans Canada. (2011, 5 Maret). *Skeletonema costatum*. Worms Photogallery. <https://www.marinespecies.org/photogallery.php?album=4394&pic=39363>
- Fisheries Exploration & Conservation. (2012, 7 September). Fresh Water Algae. <http://fisheriesexploration.blogspot.com/2012/09/fresh-water-algae.html>
- Fulks, W., & Main, K. L. (1991). Rotifer and microalgae culture system. Dalam *Proceeding of a U.S–Asia Workshop*. Argent Laboratories.
- Ghosal, S., Rogers, M., & Wray, A. (2000). The turbulent life of phytoplankton. Dalam *Proceedings of the Summer Program Center for Turbulence Research* (31–45).
- Haffi, R. D. M., Samiaji, J., & Elizal. (2017). Analisis kesesuaian daerah penangkapan ikan terhadap sebaran klorofil-a menggunakan citra satelit Landsat 8 di kawasan perairan Sungaitohor Kabupaten Kepulauan Meranti. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 22(1), 44–50.
- Han, J., Jeong, C. B., Byeon, E., & Lee, J. S. (2018). Effects of temperature changes on the generation of reactive oxygen species and the expression and activity of glutathione-s transferases in two congeneric Copepods *Tigriopus japonicus* and *Tigriopus kingsejongensis*. *Fisheries*

Science, 84, 815–823. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12562-018-1224-3>

- Hariyati, R. (2008). *Pertumbuhan & biomassa Spirulina sp. dalam skala laboratorium*. *BIOMA*, 10(1), 19–22. Laboratorium Ekologi & Biosistematik.
- Herawati, V. E., & Hutabarat, J. (2014). Pengaruh pemberian pakan larva udang dengan *Artemia* sp. produk impor dan lokal terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan larva udang vanname. Dalam *Prosiding Seminar Nasional IX Hang Tuah Surabaya*.
- Hibberd, D. J. (1981). Notes on the taxonomy and nomenclature of the algal classes Eustigmatophyceae and Tribophyceae (synonym Xanthophyceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 82, 93–119.
- Hidayati, R. N. (2014). *Pemanfaatan ekstrak tauge kacang hijau (Phaseolus radiates) sebagai Pupuk untuk meningkatkan populasi Spirulina sp [Skripsi]*. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga.
- Hillewaert, H. (2010, 26 Februari). *Artemia salina*. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/File:Artemia_salina_2.jpg#file
- Huliselan, N. V., Pello, E. S., & Lewerissa, Y. A. (2006). *Planktonologi* (Buku Ajar). Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Pattimura.
- Indarmawan, T., Mubarak, A. S., & Mahas, G. (2012). Pengaruh konsentrasi pupuk *Azolla pinnata* terhadap populasi *Chaetoceros* sp. *Journal of Marine and Coastal Science*, 1(1), 61–70.
- Ismi, S., Wardoyo, Setiawati, K. M., Hutapea, J. H., & Aslianti, T. (2000). Penggunaan Copepod *Acartia* sp. sebagai makanan pada pemeliharaan larva kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*). *J. Penelitian Perikanan Indonesia*, 6(1), 19–23.
- Ismi, S., Yusup, D. S., & Anjani, S. (2021). Pengamatan pertumbuhan Copepod sebagai persediaan pakan alami. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(2), 261–268. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalikt>. DOI: <https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i2.35454>.

- Isnansetyo, A., & Kurniastuty. (1995). *Teknik kultur phytoplankton dan zooplankton: Pakan alami untuk pembenihan organisme laut*. Kanisius.
- Irianto, D. (2011). *Pemanfaatan mikroalga laut Scenedesmus sp sebagai penyerap bahan kimia berbahaya dalam air limbah industri* [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Jurnicek, J. (2015). *Image Cladocera*. Biolib. Diakses pada tanggal 4 Februari, 2022, dari <https://www.biolib.cz/en/image/id275658/>
- Kawaroe, M. T. P., Sunuddin, A., Sari, D. W., & Augustine, D. (2010). *Mikroalga: Potensi dan pemanfaatannya untuk produksi bio bahan bakar*. Penerbit Institut Pertanian Bogor Press.
- Khabibulloh, Narulita, E., Marwa, & Ramlan. (2010). *Penggunaan Coccolite sp sebagai fitoplanktom alternatif dalam pemeliharaan larva kerapu bebek (Cromileptes altivelis) dalam upaya peningkatan produktivitas benih*.
- Koen, S. (2013, 12 Juni). *Thalassiosira*. WoRMS Photogallery. <https://www.marinespecies.org/photogallery.php?album=4394&pic=73767#photogallery>
- Kordi, M. G. H. (2011). *Marikultur: Prinsip dan praktik budidaya laut*. Penerbit Lily Publisher.
- Lim, J., & Choi, M. (2015). Assessment of water quality based on Landsat 8 operational land imager associated with human activities in Korea. *Environ. Monit. Assess.*, 187(6), 1–17.
- Lundgren, V. (2011). *Phytoplankton defense mechanism against grazing: The role of grazing infochemicals* [Tesis]. https://www.researchgate.net/publication/256374024_Phytoplankton_defense_mechanism_against_grazing_the_role_of_grazing_infochemicals
- Mahajan, G. (2022, 6 September). *Brachionus plicatilis*. Alchetron. <https://alchetron.com/Brachionus-plicatilis#brachionus-plicatilis-c2ec469f-a895-425f-af0b-7f41e038509-resize-750.jpg>
- Makatipu, P. C., Dwiono, S. A. P., & Pradina. (1996). Pola pertumbuhan *Navicula* sp pada media yang berbeda. *Perairan Maluku dan sekitarnya*, 11, 57–65. Balai Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut LIPI.
- Marasabessy, M. D. (2011). Kultur laboratoris diatom (*Phaeodactylum* sp) dengan berbagai macam media. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Perikanan* (229–235).

- Marihati, Muryati, & Nilawati. (2013). Budidaya *Artemia salina* sebagai diversifikasi produk dan biokatalisator percepatan penguapan di ladang garam. *Jurnal Agromedia*, 31(1), 57–66.
- Mokoginta, I., Jusadi, D., & Pelawi, T. L. (2003). Pengaruh pemberian *Daphnia sp.* yang diperkaya dengan sumber lemak yang berbeda terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan larva ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 2(1), 7–11.
- Mudjiman, A. (1984). *Makanan ikan*. Penebar Swadaya.
- Nattasya, G. Y. (2008). *Pengaruh sedimen berminyak terhadap pertumbuhan mikroalga Isochrysis sp.* [Skripsi tidak diterbitkan]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Nontji, A. (1993). *Laut Nusantara* (Cetakan Kedua). Djambatan.
- Nontji, A. (2008). *Plankton laut*. LIPI Press.
- Novianto, A., & Efendy, M. (2020). Analisis kepadatan Copepoda (*Oithona sp*) berdasarkan perbedaan salinitas (Studi kasus: Unit Kerja Budidaya Air Laut Sundak Kabupaten Gunung Kidul Daerah Istimewa Yogyakarta). *Jurnal Juvenil*, 1(1), 87–96.
- Nurjamila., Tenriware., Arbit, N. I. S. (2021). Kepadatan *Skeletonema costatum* pada pH yang berbeda. *SIGANUS: Journal of Fisheries and Marine Science*, 2(2), 126–134.
- Nurlina, (2018). *Optimasi penggunaan probiotik melalui perbaikan kualitas air dengan dosis yang berbeda terhadap tingkat kepadatan phytoplankton* [Skripsi]. Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Okauchi, M., & Tokuda, M. (2003, 16–22 November). *Trophic value of the unicellular diatom Phaeodactylum tricornutum for larvae of Kuruma prawn, Penaeus japonicas* [Presentasi makalah]. 32nd UJNR aquaculture panel meeting on aquaculture and pathobiology of crustacean and other species, Davis and Santa Barbara, CA, Amerika Serikat.

- Padang, A., Marwa, Sangadji, M., & Salampessy, O. (2010). Pengaruh salinitas terhadap kepadatan sel fitoplankton *Coccolithophore* sp di bak terkontrol. *Jurnal BIMAFIKA*, 3(2), 351–354.
- Padang, A. (2013). Pengaruh intensitas cahaya yang berbeda terhadap pertumbuhan *Navicula* sp skala laboratorium. *Jurnal BIMAFIKA*, 5(1), 560–565.
- Padang, A. (2014). Pertumbuhan fitoplankton *Coccolithophore* sp di wadah terkontrol dengan kepadatan inokulum yang berbeda. *Jurnal AGRIKAN*, 6(3), 33–38.
- Padang, A., La Djen, S., & Tuasikal, T. (2015). Pertumbuhan fitoplankton *Tetraselmis* sp di wadah terkontrol dengan perlakuan cahaya lampu TL. *Jurnal AGRIKAN*, 8(1), 1–7.
- Padang, A., Subiyanto, R., Marwa, & Aditya, F. (2017). Pengaruh pemberian pakan ragi metode tetes dengan dosis yang berbeda terhadap kepadatan *Brachionus plicatilis*. *Jurnal AGRIKAN*, 10(2), 22–28.
- Padang, A., Lestaluhu, A., & Siding, R. (2018). Pertumbuhan fitoplankton *Dunaliella* sp dengan cahaya berbeda pada skala laboratorium. *Jurnal AGRIKAN*, 11(1), 1–7.
- Padang, A., Radjab, A. W., & Jafar, N. (2019). Pertumbuhan fitoplankton *Nannochloropsis* sp dengan perlakuan intensitas cahaya lampu TL yang berbeda. Dalam *Prosiding seminar nasional volume 1 tahun 2018* (17–28). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura.
- Pangkey, H. (2009). Daphnia dan penggunaannya. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 5(3), 33–36.
- Payara. (2022, 4 Februari). *Cara budidaya Dunaliella sebagai pakan alami ikan*. Alam Ikan. <https://www.alamikan.com/2011/05/cara-budidaya-dunaliella-sebagai-pakan.html>
- Pennak, R. W. (1989). *Freshwater invertebrates of the United States* (Third edition). John Wiley and Sons, Inc.
- Pham, T. U., & Bui, M. H. (2020). Removal of nutrients from fertilizer plant wastewater using *Scenedesmus* sp.: Formation of bioflocculation and enhancement of removal efficiency. *Journal of Chemistry, Volume 2020*. <https://doi.org/10.1155/2020/8094272>

- Rusyani, E. (2001). *Pengaruh dosis zeolit yang berbeda terhadap pertumbuhan Isochrysis galbana klon Tahiti skala laboratorium dalam media komersial* [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Rusyani, E., Erawati, L., & Hermawan, A. (2005). *Budidaya zooplankton dalam pembenihan kuda laut*. Balai Budidaya Laut Lampung, Dirjen Perikanan Budidaya DKP, Lampung.
- Sachlan, M. (1982). *Planktonologi*. Undip.
- Safitri, Y., Mardhia, D., Syafikri, D., & Neri, K. (2020). Pengaruh tiga jenis plankton yang berbeda terhadap kelulushidupan dan laju pertumbuhan larva teripang pasir (*Holothuria scabra*) pada fase planktonik. *Indonesian Journal of Applied Science and Technology*, 1(1), 1–9.
- Samiaji, J., Nasution, S., Efriyeldi, & Tanjung, A. (2012). *Penelitian unggulan laboratorium lembaga penelitian dan pengabdian kepada masyarakat*. Universitas Riau.
- Setiyono, E., & Raharjo, P. (2020). Pertumbuhan dan perkembangan kultur Rotifer (*Brancionus plicatilis*) skala intermediet dengan penggunaan pakan *Nannochloropsis oculata*. Dalam *Prosiding seminar nasional riset teknologi terapan*.
- Setyono, D. E. (2009). *Abalon biologi dan reproduksi*. Ikatan Sarjana Oseanografi Indonesia (ISOI).
- Sládeček, V. (1983). Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100, 169–201.
- Soelistyowati. (1978). *Pengaruh Beberapa Jenis Pakan Terhadap Pertumbuhan Diaphanosoma sp.* [Skripsi]. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Suminto., Sarjito., Safitri, R., & Chilmawati, D. (2019). Pertumbuhan dan produksi telur *Harpacticoida*, *Tigriopus* sp dengan salinitas media yang berbeda. *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*, 3(2), 41–49.
- Sutomo. (2005). Kultur tiga jenis mikroalga (*Tetraselmis* sp., *Chlorella* sp., dan *Chaetoceros gracilis*) dan pengaruh kepadatan awal terhadap pertumbuhan *C. gracilis* di Laboratorium. *Oseanologi dan Limnologi*, 37, 43–58.
- Suwanti, L. T. (2022, 10 Agustus). Pengaruh konsentrasi nitrat yang berbeda terhadap kandungan pigmen mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Dunaliella* sp. *Unair News*. <https://unair.ac.id/pengaruh-konsentrasi-nitrat-yang->

berbeda-terhadap-kandungan-pigmen-mikroalga-chlorella-vulgaris-dan-dunaliella-sp/

- Thelen, B. A. (2021, 29 Maret). *Daphnia: Living time capsules*. Northern Woodlands. https://northernwoodlands.org/outside_story/article/daphnia
- Tiyas. (2022). *Rantai makanan*. Yuksinau. <https://www.yuksinau.id/rantai-makanan/>
- Tomas, C. R. (1997). *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press Harcourt Brace & Company.
- Tyas, I. (2004). *Pengkayaan akan Nauplius Artemia dengan korteks otak sapi untuk meningkatkan kelangsungan hidup, pertumbuhan dan daya tahan tubuh udang windu (Panaeus monodon. Fab) stadium PL 5–PL 8 [Skripsi]*. Jurusan Biologi FMIPA UNS.
- Tyrrell, T., & Young, J. R. (2009). Coccolithophores. *Encyclopedia of Ocean Sciences (Second Edition)*. <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/coccolithophore>
- Varma, P. (2022, 27 November). *Isochrysis-galbana*. Alchetron. <https://alchetron.com/Isochrysis-galbana>
- Widianingsih, Hartini, R., Endrawati, H., & Hilal, M. (2011). Kajian kadar total lipid dan kepadatan *Nitzschia* sp yang dikultur dengan salinitas yang berbeda. *METANA*, 7(01). <https://doi.org/10.14710/metana.v7i01.4030>
- Wina, B., Murwani, S., & Rusyani, E. (2013). Laju pertumbuhan zooplankton *Diaphanosoma* sp dengan pemberian pakan kombinasi fitoplankton *Tetraselmis* sp, *Nannochloropsis* sp dan *Dunaliella* sp di laboratorium. *Jurnal Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*, 1(2), 53–58.
- Wullur, S. (2017). *Rotifer dalam perspektif marikultur*. Penerbit LPPM Unstrat Press.
- Yamaji, I. (1966). *Illustrations of the marine plankton of Japan*. Hoikusha.
- Zanella, L., & Vianello, F. (2020). Microalgae of the genus *Nannochloropsis*: Chemical composition and functional implications for human nutrition. *Journal of Functional Foods*, 68, 103919. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464620301432>



GLOSARIUM

- Aerob** : perkembangan atau hidup dalam lingkungan yang mengandung udara bebas, sifat makhluk hidup yang memerlukan udara untuk pertumbuhannya, lingkungan yang banyak mengandung oksigen.
- Anoxious** : keadaan tanpa oksigen, perairan kekurangan oksigen.
- Aseksual** : perkembangbiakan secara tak kawin, perkembangbiakan yang tidak melibatkan alat-alat kelamin, makhluk hidup yang tidak memiliki alat kelamin.
- Auxospore** : fase istirahat sel Diatom yang berperan dalam pengembalian ukuran sel setelah reproduksi aseksual yang menyebabkan penurunan ukuran sel.
- Bakteri** : mikroorganisme bersel satu, umumnya tidak berklorofil dan dapat berkembangbiak secara cepat dengan membelah diri.
- Bentos** : organisme perairan yang hidup dengan cara melekatkan diri pada substrat di dasar perairan.

Budi daya	: kegiatan menghasilkan biota perairan di lingkungan terkontrol dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan, mendapatkan keuntungan, dan <i>restocking</i> .
Citra satelit	: penginderaan jarak jauh terhadap kondisi bumi atau merekam suatu objek tanpa melakukan kontak fisik dengan menggunakan peralatan, yakni satelit.
<i>Chloroplast</i>	: plastida yang mengandung klorofil dalam sitoplasma sel tumbuhan.
Dekomposisi	: proses penguraian materi organik yang telah mati menjadi materi anorganik.
Diurnal	: sifat makhluk untuk melakukan kegiatan pada waktu siang hari.
<i>Downwelling</i>	: gerakan air secara vertikal dari permukaan laut yang hangat ke arah bawah dengan membawa kandungan senyawa oksigen dari lapisan permukaan.
Estuari	: mintakat muara sungai, di mana pengaruh laut dinyatakan dalam pengaruh pasang dan bertambahnya salinitas air sungai.
Eufotik	: zona pada lapisan permukaan perairan di mana cahaya matahari masih dapat diterima dengan baik sehingga mendukung aktivitas fotosintesis pada kedalaman perairan antara 80 sampai 100 meter.
Eutrofikasi	: kandungan mineral pada perairan dengan jumlah besar yang memicu pembelahan sel fitoplankton secara cepat mengakibatkan perairan menjadi kekurangan oksigen atau proses perkembangbiakan tumbuhan yang sangat cepat karena mendapatkan zat makanan yang melimpah.
Fitoplankton	: plankton tumbuhan.
Formalin	: bahan pengawet organisme.

Grazing	:	aktivitas merumput atau rantai makanan yang dimulai dari tumbuhan sebagai produsen.
Herbivor	:	kelompok hewan pemakan tumbuhan.
Hermafrodit	:	organisme berkelamin ganda artinya dalam satu individu memiliki dua alat kelamin, yaitu alat kelamin jantan sebagai penghasil sperma dan alat kelamin betina sebagai penghasil sel telur.
Heterotrofik	:	organisme tidak dapat membuat makanan sendiri dan memanfaatkan materi organik yang dihasilkan dari produsen.
Ichthyoplankton	:	telur dan larva ikan yang menjalani fase planktonik dalam sebagian siklus hidupnya
Invertebrata avertebrata	atau	hewan yang tidak bertulang belakang.
Kanibalisme	:	suatu pemangsaan oleh jenisnya sendiri.
Klorofil	:	zat hijau daun, butir-butir zat hijau daun yang terdapat dalam kloroplas dan merupakan unsur terpenting dalam proses fotosintesis.
Metabolisme	:	proses pembentukan dan penguraian zat di dalam tubuh makhluk hidup.
Migrasi	:	gerakan perpindahan organisme dari satu daerah ke daerah yang lain.
Nekton	:	organisme yang pergerakannya tidak dipengaruhi gerakan air seperti arus karena memiliki kemampuan untuk berenang secara bebas.
Neritik	:	mintakat pelagis yang meliputi perairan di atas paparan benua, yaitu dari pantai (<i>nearshore</i>) hingga perairan dengan kedalaman 200 meter.
Neumatocyst	:	organel intraseluler, terdapat dalam <i>cnodocyte</i> Coelenterata (Cnidaria), memiliki bentuk seperti kapsul mengandung gulungan benang yang berfungsi untuk melindungi diri dari mangsa dengan cara ditembakkan dan melekat pada substrat.

Nutrien	: sari makanan, zat yang mendorong pertumbuhan, perkembangbiakan, dan pemeliharaan sel dari suatu organisme.
Organisme autotrof	: organisme yang mampu membuat makanannya sendiri dari bahan anorganik atau organisme yang merubah bahan anorganik menjadi organik.
Oseanik	: perairan pelagis, seluruh lingkungan perairan terbuka atau perairan lautan.
Osmosis	: perpindahan molekul cairan dari daerah dengan konsentrasi tinggi ke rendah melalui membran semipermeabel.
Pakan alami	: makanan yang berasal dari alam tanpa campur tangan manusia secara langsung.
Pemanasan global	: suatu proses meningkatnya suhu rata-rata udara, atmosfer, laut, dan daratan di bumi.
Pigmen	: bahan pewarna yang terdapat dalam tubuh tumbuhan atau hewan.
<i>Plankton net</i>	: alat yang digunakan untuk menangkap plankton yang diturunkan ke dalam air.
Predator	: makhluk yang membunuh makhluk lain untuk dijadikan makanannya.
Produsen primer	: organisme yang mampu membentuk senyawa organik yang mengandung bahan kehidupan dari senyawa anorganik yang tidak mengandung bahan kehidupan menjadi makanannya sendiri.
<i>Red tide</i>	: pasang merah, pewarnaan merah pada air laut yang disebabkan adanya pertumbuhan berlebihan dari organisme tertentu (yaitu Dinoflagellata). Pasang merah bersifat racun bagi organisme yang memakan Dinoflagellata.
Reproduksi	: perkembangbiakan, proses penurunan individu-individu baru pada tumbuhan dan hewan untuk melestarikan jenisnya.

- Run off*** : aliran air dari daratan ke arah laut yang dapat ditransfer melalui air sungai, air permukaan, dan air tanah.
- Salinitas** : ukuran konsentrasi keseluruhan garam yang larut dalam air laut, dinyatakan dengan satuan permil (‰) dan dihitung berdasarkan jumlah 1 gram garam terlarut dalam 1 kg air laut.
- Upwelling*** : gerakan air secara vertikal dari dasar laut yang memiliki temperatur yang dingin serta kaya akan nutrien, ke lapisan permukaan laut.
- Viskositas** : sifat cairan (fluida) menahan gerakan objek yang melaluinya.
- Zooplankton** : plankton hewan.

INDEKS

- Arus, 55, 104, 127
- Bentik, 37, 38
- Blooming, 134, 136, 139, 142
- Cahaya, 38, 124, 126, 129, 199
- Centrales, 12, 14, 15, 16, 19, 20
- Diatom, xxvi, 5, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 32, 35, 37, 38, 39, 75, 76, 81, 119, 120, 151
- Dinokontae, 22
- Fitoplankton, xxvi, 3, 4, 5, 12, 13, 19, 25, 35, 54, 62, 66, 93, 108, 109, 116, 125, 126, 140, 157
- Fotosintesis, xxvi, 107
- Frustula, 15, 16
- Holoplankton, 57, 74, 89
- intensitas, 8, 13, 29, 43, 44, 54, 64, 124, 125, 126, 136, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 175, 178, 179, 183, 199, 200
- klorofil, 3, 4, 9, 12, 14, 20, 25, 32, 35, 42, 43, 147, 153, 162, 164, 165, 196, 204
- Limnoplankto, 7
- Meroplankton, 57, 71, 96, 98, 99, 101, 102, 110, 111, 114
- Neritik, 13
- Oksigen terlarut, 65
- Oseanik, 13
- Pennales, 12, 14, 15, 16, 19

Plankton, xxvi, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8,
9, 10, 29, 30, 34, 37, 39, 54,
68, 69, 70, 71, 112, 114, 116,
117, 125, 130, 137, 138, 149,
150, 153, 157, 162, 165

Red Tide, 134, 135, 137, 138, 139,
140

Zooplankton, xxvi, 5, 6, 54, 56, 57,
58, 59, 62, 63, 65, 66, 68, 69,
70, 91, 93, 104, 108, 116,
124, 157

Buku ini tidak diperjualbelikan.



TENTANG PENULIS

Anita Padang menyelesaikan pendidikan S-1 pada Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura tahun 1996, kemudian menyelesaikan pendidikan S-2 pada Program Studi Ilmu Kelautan Program Pascasarjana Universitas Pattimura tahun 2009. Sejak tahun 2005 diangkat sebagai dosen DPK LLDIKTI XII Wilayah Maluku dan Maluku Utara. Saat ini penulis adalah dosen tetap DPK yang ditempatkan pada Program Studi Manajemen Sumberdaya dan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Darussalam Ambon dan pernah ditempatkan di Universitas Iqra Buru dan Sekolah Tinggi Kesehatan Pasapua Ambon. Penulis mengajarkan mata kuliah Planktonologi, Produktivitas Perairan, Biologi Laut, Ekologi Perairan, Metode Penelitian, dan Konservasi Sumberdaya Perairan. Penulis telah menghasilkan sejumlah artikel yang merupakan hasil penelitian tentang plankton baik plankton bentik, pelagik, maupun yang dibudidayakan. Penulis aktif sebagai anggota pada beberapa organisasi ilmiah, antara lain Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia, Masyarakat Aquakultur Indonesia, dan Dosen Indonesia Semesta. Penulis dapat dihubungi melalui surel: anitapadang25@gmail.com

Buku ini tidak diperjualbelikan.

PLANKTONOLOGI

Plankton merupakan organisme mikroskopis yang terdiri dari fitoplankton (plankton tumbuhan) dan zooplankton (plankton hewani). Plankton hidup secara melayang, mengapung, dan bergerak dengan gerakan sangat terbatas di dalam air. Buku ini tidak hanya mengulas bentuk dan kriteria plankton, tetapi juga membahas peranannya di alam.

Buku ini secara khusus diperuntukkan bagi mahasiswa yang mengambil mata kuliah planktonologi karena di dalamnya terdapat materi pembelajaran yang dilengkapi petunjuk penggunaan bagi mahasiswa untuk dapat memahami setiap babnya. Buku ini selain dilengkapi target yang harus dicapai mahasiswa dalam tiap pembahasan, juga disertai tes formatif yang berguna untuk mengetahui sejauh mana mahasiswa memperoleh pemahaman tentang plankton.

Hadirnya buku ini diharapkan dapat menambah referensi tentang planktonologi. Selain itu, diharapkan buku ini dapat digunakan tidak hanya bagi mahasiswa, tetapi juga bagi dosen, peneliti, maupun akademisi yang tertarik dalam penelitian tentang plankton.



Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung B.J. Habibie Lantai 8,
Jl. M.H. Thamrin No. 8,
Kebon Sirih, Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id

DOI: 10.55981/brin.701



ISBN 978-623-8052-86-8



9 786238 052868

ini tidak diperjualbelikan