



BUKU PANDUAN

Penyelaman Ilmiah Biologi Laut dan Kesehatan Keselamatan Kerja Bawah Air



Rikoh Manogar Siringoringo,
Ni Wayan Purnama Sari, Giyanto, dkk.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

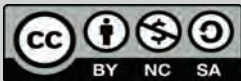
BUKU PANDUAN

Penyelaman Ilmiah Biologi Laut dan Kesehatan Keselamatan Kerja Bawah Air

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Diterbitkan pertama pada 2023 oleh Penerbit BRIN

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 PANDUAN

Penyelaman Ilmiah Biologi Laut dan Kesehatan Keselamatan Kerja Bawah Air

Rikoh Manogar Siringoringo,
Ni Wayan Purnama Sari, Giyanto, dkk.

Penerbit BRIN

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Buku Panduan Penyelaman Ilmiah Biologi Laut dan Kesehatan Keselamatan Kerja Bawah Air/Rikoh Manogar Siringoringo, Ni Wayan Purnama Sari, Giyanto, Muhammad Abrar, Kunto Wibowo, Puji Rahmadi, Oksto Ridho Sianturi, Irfan Kampono, Munasik, Beginer Subhan, Muhammad Hafiz, & Raden Sutiadi–Jakarta: Penerbit BRIN, 2022.

xiv hlm. + 90 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-623-8052-47-9 (e-book)

1. Teknik Menyelam
2. Operasi Bawah Air
3. Penyelaman Ilmiah

627.7



Editor : Bambang Trimansyah
Ni Wayan Purnama Sari
Puji Rahmadi
Rafli Syahrizal
Rikoh Manogar Siringoringo

Copyeditor : Wijananto
Proofreader : Dhevi E.I.R. Mahelingga
Penata isi : Den Binikna & Dhevi E.I.R. Mahelingga
Desainer sampul : Den Binikna & Dhevi E.I.R. Mahelingga
Sumber foto cover : Pia on Pexels
Desain menggunakan fon Inria Sans & Serif.

Cetakan pertama : Januari 2023

Diterbitkan oleh:

Penerbit BRIN, anggota Ikapi
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung BJ Habibie, Jl. M.H. Thamrin No.8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
Whatsapp: 0811-8612-369
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id

 PenerbitBRIN
 Penerbit_BRIN
 penerbit_brin

Bekerja sama dengan:

COREMAP
Jl. Pasir Putih Raya No.1, RT.8/RW.10,
Pademangan Tim, Kec. Pademangan, Kota Jkt Utara,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 14430



DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	VII
DAFTAR TABEL	VIII
DAFTAR LAMPIRAN	IX
KATA PENGANTAR	X
PRAKATA	XII
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II PERSYARATAN UMUM	5
A. Dokumen Persyaratan	5
B. Sistem Koordinasi	7
BAB III PERALATAN	9
A. Peralatan Selam	10
B. Peralatan Keselamatan	12
C. Ruang Udara Bertekanan Tinggi (RUBT)	12
D. Peralatan Kerja Penyelaman Riset Biologi Laut	14
BAB IV PELAKSANAAN OPERASIONAL PENYELAMAN	15
A. Mengorganisasikan Kegiatan Penyelaman Ilmiah	15
B. Penilaian Risiko (<i>Risk Assessment</i>)	17
C. Penanganan Keadaan Darurat	21
D. Penyelam yang Hilang	24
E. Penerbangan setelah Penyelaman atau Pergi ke Ketinggian	27
F. Membentuk Tim Penyelaman	27

Buku ini tidak diperjualbelikan.

G. Penentuan Lokasi Penyelaman	30
H. Prosedur dan Perencanaan Penyelaman	30
I. <i>Log Dive</i> Penyelaman	31
J. Penyelaman	32

BAB V METODE PENGAMBILAN DATA 35

A. Teknik Pemasangan Transek	36
B. Metode Observasi Visual	38
C. Pendokumentasian Bawah Air	40
D. Metode Pengukuran Bawah Air	41
E. Metode Pengambilan Sampel Biologi	51

DAFTAR PUSTAKA	53
--------------------------	----

LAMPIRAN	57
--------------------	----

DAFTAR ISTILAH	75
--------------------------	----

INDEKS	83
------------------	----

BIOGRAFI PENULIS	85
----------------------------	----

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Contoh RUBT di RS Bhayangkara, Denpasar	13
Gambar 2.	Pengambilan Data dengan Menggunakan Diving PAM II	14
Gambar 3.	Prosedur dalam Melaksanakan Kegiatan Penyelaman Ilmiah.	17
Gambar 4.	Simulasi Penanganan Keadaan Darurat dalam Penyelaman.	24
Gambar 5.	Contoh Pemasangan Garis Transek	34
Gambar 6.	Skema Transek Kuadrat-Anakan Karang (Rekrutmen).	35
Gambar 7.	Hasil Perekaman GPS Otomatis Setiap 5 Detik.	45
Gambar 8.	<i>Chart</i> atau Peta yang Menggambarkan Kondisi Bawah Air beserta Cakupan Area Kerja.	47
Gambar 9.	Hasil Pengolahan Data Kedalaman dari <i>Depth Meter</i> pada Regulator Selam	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Contoh daftar kontak darurat.	8
Tabel 2. Peralatan untuk pendokumentasian bawah air	41
Tabel 3. Penyetelan alat perekamaan koordinat otomatis	46
Tabel 4. Informasi yang dibutuhkan untuk perhitungan area kerja di bawah air	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Penilaian risiko umum (<i>general risk assessment</i>)	57
Lampiran 2. Penilaian risiko harian (<i>daily risk assessment</i>)	68
Lampiran 3. Log penyelaman harian (<i>daily log dive</i>)	70
Lampiran 4. <i>Emergency plan</i> (rencana tanggap darurat)	71
Lampiran 5. Nomor kontak penting/darurat di Papua Barat	74

Buku ini tidak diperjualbelikan.

KATA PENGANTAR



Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia yang kaya akan sumber daya hayati. Pemanfaatan sumber daya yang berkelanjutan membutuhkan pengelolaan yang terintegrasi. Dalam melakukan pengelolaan dan pemanfaatan tersebut dibutuhkan sumber daya manusia yang kompeten, salah satunya ialah kompeten di bidang penyelaman ilmiah. Penyelaman ilmiah adalah penyelaman yang dilakukan untuk pengambilan data dalam rangka kepentingan penelitian.

Saat ini sumber daya manusia di bidang penyelaman ilmiah masih terbatas. Sementara itu, kebutuhan untuk melakukan kegiatan penelitian yang memerlukan pengetahuan penyelaman terus meningkat. Luasnya perairan Indonesia membutuhkan sumber daya manusia yang tidak sedikit. Sinergi antarpemangku kepentingan, seperti universitas, lembaga penelitian, lembaga swadaya masyarakat, dan praktisi yang tertarik dalam bidang penyelaman ilmiah sangat diperlukan. Oleh sebab itu, dibutuhkan buku panduan yang dapat dijadikan acuan dasar dalam melakukan kegiatan penyelaman ilmiah.

Dalam buku ini disampaikan berbagai proses kegiatan penyelaman ilmiah biologi laut. Kegiatan penyelaman ini memiliki potensi risiko yang sangat tinggi. Karena itu, dalam melaksanakan pengambilan data, aspek kesehatan dan keselamatan kerja menjadi yang utama. Upaya menghindari potensi risiko dalam pelaksanaan kegiatan pengambilan data atau prosedur penyelaman menjadi bagian dalam pengorganisasian penyelaman ilmiah.

Kami berharap buku ini dapat menjadi panduan bagi para peneliti, mahasiswa, dan praktisi yang tertarik dalam bidang penyelaman ilmiah, khususnya dalam melakukan kegiatan penyelaman ilmiah

biologi laut. Sementara itu, bagi pengajar atau dosen, buku ini dapat digunakan sebagai bahan ajar untuk penyelaman ilmiah biologi laut dan kesehatan keselamatan kerja bawah air.

Jakarta Juni 2022
Kepala Pusat Riset Oseanografi
Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Dr. Udhi Eko Hernawan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

PRAKATA

Penelitian tentang terumbu karang dan ekosistem terkait merupakan salah satu tugas pokok dan fungsi dari Pusat Riset Oseanografi–Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRO–BRIN). Sebagaimana ditetapkan dalam Surat Keputusan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 54 Tahun 2015, LIPI menjadi wali data ekosistem terumbu karang di Indonesia. Pelaksanaan program tersebut mengutamakan keselamatan, kekinian, akurasi, dan ketertelusuran data yang dikumpulkan dan dilaporkan. Pada saat yang sama, pelaksanaan program itu juga harus memenuhi ketentuan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku di Indonesia.

Untuk memenuhi kebutuhan SDM yang kompeten dalam kegiatan penyelaman ilmiah, khususnya bidang biologi laut, maka ditetapkan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) Penyelaman Ilmiah Biologi Laut (Scientific Diving for Marine Biology) melalui Keputusan Menteri Ketenagakerjaan RI Nomor 116 Tahun 2019. Ketersediaan SKKNI Penyelaman Ilmiah Biologi Laut diharapkan menjadi ukuran kompetensi yang harus dimiliki oleh seorang penyelam ilmiah bidang biologi laut di Indonesia. Kompetensi ini dapat diterapkan dalam kegiatan penilaian potensi dan kondisi sumber daya hayati bawah air, penilaian kerusakan akibat tumpahan minyak, dan kecelakaan kapal (*ship grounding*).

Berkaitan dengan hal-hal di atas maka perlu disusun sebuah buku yang dapat digunakan sebagai panduan dalam pelaksanaan kegiatan penyelaman ilmiah yang aman dan tertib sesuai kaidah ilmiah serta peraturan yang berlaku. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, Pusat Riset Oseanografi–Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRO–BRIN) melakukan inisiasi dengan mengoordinasikan pakar-pakar dalam bidang penyelaman ilmiah dan keselamatan kerja bawah air untuk menyusun buku ini. Tim penulis berharap buku ini dapat bermanfaat

dan digunakan sebagai panduan dalam melakukan penelitian biologi laut khususnya di Indonesia. Buku ini juga dapat digunakan sebagai acuan bahan ajar untuk mempersiapkan SDM yang mahir dan terampil dalam bidang biologi laut.

Jakarta, Juni 2022

Tim penulis

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Buku ini tidak diperjualbelikan.

BAB I

PENDAHULUAN

Penyelaman ilmiah telah berlangsung selama puluhan tahun di Indonesia. Salah satu kegiatan penyelaman ilmiah, yaitu melakukan pemantauan terhadap ekosistem terumbu karang atau yang lebih dikenal dengan metodologi penilaian kondisi terumbu karang. Luasnya perairan Indonesia menjadi tantangan untuk melakukan pemantauan terumbu karang secara bersama-sama. Salah satu strategi pemantauan terumbu karang tersebut, yaitu dengan membuat simpul atau keterwakilan wilayah di berbagai daerah di Indonesia. Selanjutnya, melakukan penguatan kapasitas sumber daya manusia melalui berbagai kegiatan pelatihan dasar maupun pelatihan lanjutan. Pelatihan ini dimulai dengan pelatihan selam, setelah mendapatkan lisensi, dilanjutkan dengan materi pemantauan terumbu karang. Adapun bidang yang diajarkan, yakni bidang terumbu karang, ikan karang, dan biota bentik lainnya.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Kegiatan pelatihan ini melibatkan berbagai pemangku kepentingan, meliputi berbagai perguruan tinggi, pemerintah pusat, pemerintah daerah, lembaga swadaya masyarakat, dan institusi lainnya yang memiliki minat untuk menyelam, serta melakukan penilaian terhadap terumbu karang. Seiring berjalannya waktu dan perkembangan teknologi penyelaman, kegiatan penyelaman pengambilan data semakin berkembang. Selain peralatan yang sudah semakin baik, juga kesempatan untuk melakukan kegiatan penyelaman semakin tinggi. Pada tahun 1990-an, peralatan selam masih tergolong peralatan mewah, dan masih sedikit orang yang berkesempatan untuk melakukan penyelaman. Pada tahun 2000 hingga 2020, peralatan tersebut semakin mudah didapatkan, dan harganya sudah semakin terjangkau. Minat untuk melakukan penyelaman sudah sangat tinggi. Selain mahasiswa kelautan, masyarakat awam juga sudah banyak melakukan kegiatan penyelaman, baik untuk kebutuhan pengambilan data maupun untuk rekreasi, dan olahraga.

Penyelaman untuk pengambilan data ini pada beberapa referensi, dibagi ke dalam beberapa kelompok penyelaman, yaitu penyelaman arkeologi, oseanografi, geologi, limnologi, jurnalistik, dan biologi laut (DGUV R-112). Masing-masing bidang dibedakan dari disiplin ilmunya. Tujuan dari penyelaman tersebut juga berbeda. Kegiatan penyelaman yang berkaitan dengan penelitian ilmiah dibedakan dengan kegiatan penyelaman yang sekadar untuk olahraga dan rekreasi, ataupun penyelaman sebagai pemandu wisata selam. Pada kegiatan selam rekreasi, penyelam hanya ingin menikmati keindahan dunia bawah laut atau disebut *fundive*. Penyelam pemandu wisata melakukan pendampingan untuk membawa penyelam atau tamu mendapatkan objek yang menarik, sekaligus untuk melakukan pengawasan agar terhindar dari hal-hal yang berbahaya. Sementara itu, penyelam ilmiah melakukan pengambilan data untuk tujuan penelitian.

Kegiatan penyelaman ilmiah yang berkembang di Indonesia baru sebatas dilakukan oleh masing-masing lembaga pemerintah, perguruan tinggi, dan lembaga swadaya masyarakat. Dalam konteks

nasional, dapat dikatakan bahwa penyelaman ilmiah biologi laut belum terstandar. Hal itu disebabkan belum adanya regulasi yang mengatur secara nasional dan terbatasnya sumber daya manusia dengan keahlian yang memadai. Bahkan, pengambilan bahan-bahan penelitian dari dasar laut, sebagian besar dilakukan oleh peneliti asing atau setidaknya peneliti/lembaga penelitian dalam negeri bekerja sama dengan lembaga penelitian asing. Hal itu berbanding terbalik dengan peraturan internasional yang telah menerapkan MTA (*material transfer agreement*) sejak tahun 2014.

Setelah proses yang cukup panjang, kegiatan penyelaman untuk pengambilan data bidang biologi laut kini sudah masuk ke dalam tahap standardisasi. Pada tahun 2019, penyelaman ilmiah bidang biologi laut telah diatur standardisasinya melalui Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI). Ditetapkannya standardisasi kegiatan penyelaman tersebut, membuat kegiatan penyelaman juga sudah mulai mengikuti regulasi dari Kementerian Ketenagakerjaan. Dalam Pasal 1 ayat (2) Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2003 Tentang Ketenagakerjaan, disebutkan bahwa “Tenaga kerja adalah setiap orang yang mampu melakukan pekerjaan guna menghasilkan barang dan/atau jasa baik untuk memenuhi kebutuhan sendiri maupun untuk masyarakat.” Selanjutnya, dalam Pasal 1 ayat (3) UU No. 13 Tahun 2003 menyatakan bahwa “Pekerja/buruh adalah setiap orang yang bekerja dengan menerima upah atau imbalan dalam bentuk lain.” Melalui definisi tersebut, dapat ditarik simpulan bahwa seorang penyelam ilmiah riset biologi laut, termasuk ke dalam golongan tenaga kerja, yakni pekerja selam (*occupational diver*) dalam kategori penyelam ilmiah (*scientific diver*). Selain itu, Undang-Undang No. 13 Tahun 2003 pada Pasal 4 juga menekankan pentingnya perlindungan bagi para pekerja sehingga pekerja selam juga berhak atas upah, pelatihan, perlakuan yang sama, dan pencegahan serta perlindungan akan bahaya yang dihadapi selama bekerja.

Buku Panduan Penyelaman Ilmiah Biologi Laut dan Kesehatan Keselamatan Kerja Bawah Air ini disusun dengan tujuan menjadi acuan bagi para pengambil keputusan, para penyelam peneliti, tenaga

kerja pendukung, dosen dan mahasiswa ilmu kelautan, instansi atau lembaga, serta pihak yang bekerja dalam kegiatan penelitian bawah air bidang biologi laut di Indonesia. Melalui buku panduan ini, diharapkan kegiatan penelitian bawah air bidang biologi laut dapat terlaksana dengan baik, aman, dan minim risiko kecelakaan bagi penyelam pengambil data. Dengan demikian, data yang dihasilkan dapat akurat, tertelusur, dan dilaporkan secara tepat waktu, serta memenuhi ketentuan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku di Indonesia.

BAB II

PERSYARATAN UMUM

A. Dokumen Persyaratan

Dokumen kegiatan penyelaman ilmiah adalah dokumen utama yang berhubungan langsung dan bersifat wajib dalam kegiatan penyelaman ilmiah. Dokumen utama tersebut, antara lain surat penugasan resmi dari pimpinan institusi/lembaga untuk melaksanakan kegiatan riset penyelaman, sertifikat selam, *log dive*, sertifikat CPR dan *first aid*, surat keterangan sehat dan layak untuk menyelam, sertifikat jaminan keselamatan dan kesehatan kerja, serta dokumen lainnya. Seluruh dokumen tersebut memiliki masa berlaku sehingga perlu dipastikan bahwa semua dokumen belum habis masa berlakunya. Selain itu, dokumen-dokumen tersebut juga perlu diperiksa terkait dengan pemenuhan unsur-unsur kekinian atau *update*. Jika dokumen-dokumen yang berkaitan dengan kegiatan penyelaman tidak terpenuhi maka dapat diambil langkah-langkah untuk meninjau kembali pelaksanaan kegiatan atau ditanggguhkan sampai dokumen-dokumen tersebut terpenuhi. Penjabaran mengenai dokumen wajib dalam setiap kegiatan penyelaman riset sebagai berikut:

1. Surat perintah tugas resmi dari pimpinan institusi yang berwenang.
2. Dokumen identifikasi bahaya, analisis risiko, dan pengendalian risiko yang diketahui serta ditandatangani oleh semua anggota tim penyelaman. Acuan bisa diperkaya dengan data peta lokasi kegiatan, tabel pasang surut, unsur kearifan lokal yang wajib diketahui, dan kondisi-kondisi khusus di lokasi kegiatan; misalnya merupakan zona inti daerah konservasi perairan, atau lokasi pengangkatan akibat gempa, atau merupakan daerah wisata masif, dan kondisi lainnya.
3. Dokumen rencana penyelaman (*dive plan*) yang ditandatangani oleh *dive officer* serta disampaikan kepada semua anggota tim.
4. Rencana tanggap darurat (*emergency plan*) yang meliputi penjelasan mengenai alat komunikasi penyelaman, alat komunikasi ke darat, peralatan keselamatan yang dimiliki, daftar nomor darurat, akses menuju ruangan udara bertekanan tinggi (RUBT) atau *hyperbaric chamber*, dan fasilitas kesehatan terdekat, serta jarak dan waktu tempuh.
5. Telah mengikuti pelatihan dan mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh Kemnaker untuk melaksanakan penyelaman ilmiah biologi laut, yang mengacu kepada SKKNI No. 139 Tahun 2019 Tentang Jasa Profesional Ilmiah dan Teknis Golongan Pokok Penelitian dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan Pada Bidang Penilaian Kondisi Terumbu Karang.
6. Memiliki surat keterangan sehat sebelum melakukan penyelaman. Surat tersebut harus berdasarkan rekomendasi dokter atau rumah sakit yang resmi dan terjamin. Tidak terbatas hanya untuk pemeriksaan terkait riwayat penyakit dekompresi ataupun riwayat penyakit yang disebabkan kecekalaan ketika menyelam, pemeriksaan kesehatan tetap wajib menyeluruh memindai segala penyakit sehingga seorang penyelam dapat dipastikan benar-benar sehat dan siap untuk melakukan aktivitas penyelaman ilmiah.
7. Memiliki sertifikat atau telah mengikuti pelatihan pertolongan pertama dengan *cardiopulmonary resuscitation* (CPR) dalam dua tahun terakhir.

8. Buku log penyelaman

Memiliki buku log penyelaman. Buku tersebut membantu penyelam untuk mencatat informasi intensitas penyelaman, waktu, dan kedalaman penyelaman terakhir yang dilakukan oleh penyelam terkait. Hal itu dapat menggambarkan bahwa penyelam masih fit dan terlatih untuk melakukan aktivitas penyelaman. Dalam kurun waktu 1 tahun terakhir, minimal telah melakukan penyelaman sebanyak 12 kali (penyelaman bersifat akumulatif, tidak harus per bulan satu kali penyelaman). Enam penyelaman di antaranya ialah penyelaman ilmiah dengan total waktu sebanyak 240 menit. Setiap penyelaman harus tercatat dan ditandatangani pada buku log penyelaman.

Setelah syarat administrasi di atas telah lengkap maka surat izin kegiatan penyelaman (*dive permit*) akan diperiksa dan diterbitkan oleh *dive officer* dan diketahui oleh penanggung jawab kegiatan. Dokumen 1–8 harus disimpan di tempat yang aman, terhindar dari angin, basah atau hilang, mudah terlihat, dan dapat dijangkau setiap saat apabila ada pemeriksaan dari pejabat terkait. Dokumen tersebut harus tersimpan sekurang-kurangnya dua tahun untuk *tracing* apabila ada tuntutan ganti rugi penyakit akibat kerja (PAK) penyelaman.

B. Sistem Koordinasi

1. Koordinasi di lokasi kegiatan

Koordinasi dilakukan dengan dinas terkait di lokasi penyelaman. Hal itu dilakukan sebagai upaya kelengkapan perizinan daerah, upaya pengumpulan informasi awal atau tambahan terkait pelaksanaan, dan yang paling penting sebagai upaya mitigasi jika terjadi kondisi darurat.

2. Koordinasi dengan pengelola peralatan

Pihak ini bisa berupa *dive center*, dinas terkait, atau pihak lain yang menyediakan peralatan selam untuk digunakan dalam kegiatan riset penyelaman. Koordinasi antarpihak itu bertujuan

untuk memastikan peralatan selam yang digunakan dalam kondisi baik, dirawat dengan baik, dan telah dikalibrasi. Selain itu, juga bertujuan agar peralatan yang disediakan sesuai dengan kebutuhan kegiatan, baik dari ukuran maupun jumlah sehingga kegiatan riset penyelaman dapat berjalan dengan efektif.

3. Koordinasi dengan pihak keamanan dan kesehatan

Koordinasi dengan pihak keamanan dan kesehatan dilakukan ketika terjadi kecelakaan kerja. Namun, sifat koordinasi tersebut juga sebagai perizinan dan upaya mitigasi kecelakaan kerja. Pihak-pihak tersebut, antara lain rumah sakit terdekat, Badan SAR, pangkalan angkatan laut, polisi air, dan polres, atau polsek terdekat. Daftar nomor telepon pihak-pihak terkait tersebut dapat dicetak dan dibawa ke lapangan saat melakukan kegiatan riset penyelaman. Namun, nomor-nomor tersebut harus diverifikasi sebelumnya dan surat pemberitahuan kegiatan sudah sampai di pihak terkait sebelum kegiatan riset penyelaman dilakukan.

Tabel 1. Contoh daftar kontak darurat

No.	Instansi/Unit Layanan	No. Telepon	Keterangan
1	Badan SAR	.....
2	Ambulans gawat darurat	.....
3	RSUD	.....
4	Kepolisian setempat	.....
5	Dinas kesehatan	.....
6	Tim Covid daerah	.....
7	Nomor telepon fasilitas <i>chamber</i>	.....
8	Sentra informasi keracunan	.....
9	Kontak darat/ <i>land contact</i>	.....	Hotel/ <i>camp</i> / penginapan

Sumber: Sari, N.W.P. (2020)

BAB III

PERALATAN



Peralatan selam yang digunakan adalah peralatan yang dapat berfungsi dengan baik, memiliki standar keselamatan, dan diperiksa secara rutin sehingga peralatan tersebut dapat digunakan dengan baik. Pada kegiatan penyelaman ilmiah, terdapat peralatan di luar peralatan kerja yang digunakan, yakni peralatan pendukung untuk keselamatan.

A. Peralatan Selam

Peralatan selam umum dapat didefinisikan sebagai peralatan yang digunakan oleh para penyelam secara umum. Peralatan ini memiliki variasi, baik dalam hal bentuk, ukuran, warna, dan teknologi yang dikembangkan. Bagi penyelam, satu hal yang penting dan harus dijadikan pedoman adalah mengenali peralatan yang akan digunakan dan memastikan peralatan selam tersebut aman baginya ketika digunakan. Keamanan peralatan tersebut harus dipastikan dengan melakukan perawatan rutin dan pemeriksaan. Peralatan standar yang harus digunakan oleh para penyelam adalah sebagai berikut:

1. Masker yang digunakan harus standar *safety glass (tempered)* yang disertai dengan snorkel.
2. Pelindung kepala (*hood*) harus digunakan saat menyelam dan disesuaikan ukurannya demi kenyamanan.
3. Menggunakan *wetsuit* dan *drysuit* berbahan neoprena yang sesuai ukurannya untuk menghindari hipotermia.
4. Regulator SCUBA harus diinspeksi minimal setiap dua tahun sekali oleh badan kalibrasi alat yang terakreditasi (*dive center* yang berlisensi). Regulator harus terdiri dari *second stage* dan *alternate air source (octopus)*. Peralatan regulator mengikuti standar keselamatan norm EN 250.
5. *Submersible pressure gauge* (SPG) memberikan informasi tekanan tabung dan kedalaman yang harus diperiksa sebelum digunakan dan diinspeksi minimal dua tahun sekali.
6. Tabung SCUBA harus dites secara hidrostatis setiap lima tahun sekali dan pemeriksaan visual tiap satu tahun sekali oleh lembaga resmi yang terakreditasi.
7. Tabung selam tidak boleh sampai kosong, jika kosong maka tabung tersebut harus diperiksa sebelum diisi.
8. *Buoyancy compensator device* (BCD) diinspeksi minimal setiap dua tahun sekali.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

9. Memastikan daya apung positif (tidak ada kebocoran) dan dilengkapi dengan pengisian BCD secara manual dengan cara ditiup.
10. Sistem pemberat (*weight system*) harus dilengkapi dengan perangkat *quick release* atau dapat dilepaskan hanya dengan menggunakan satu tangan.
11. Menggunakan alat potong berupa pisau selam.
12. Menggunakan *fin open heel* yang disertai dengan *booties*.
13. *Dive computer*, pencatat waktu, dan kedalaman penyelam selama proses penyelaman harus ada dalam setiap penyelaman.
14. Tabel selam berupa kertas tahan air juga harus disiapkan pada saat penyelaman.
15. *First aid kit* dan tabung oksigen darurat harus tersedia pada setiap lokasi penyelaman.
16. Kualitas udara yang berada di tabung harus bersih dan kering dengan persentase oksigen 20–22%.
17. Kompresor pengisian tabung selam harus dalam keadaan baik dan diinspeksi secara berkala, baik pemeriksaan mesin, filter udara, servis dan perbaikan jika mengalami kerusakan.
18. *Surface marker buoy* (SMB) sebagai penanda keberadaan penyelam pada saat naik ke permukaan.

B. Peralatan Keselamatan

Peralatan keselamatan dalam pekerjaan bawah air harus disiapkan selama melakukan pekerjaan tersebut. Beberapa peralatan itu antara lain

1. *first aid kit* (obat-obatan);
2. *oxygen kit*;
3. *safety line* 20 m dan *buddy line*;
4. *rescue tube* (*safe guard*) atau pelampung lempar;
5. alat komunikasi, seperti telepon seluler, *walkie talkie*, toa, sinyal;
6. *marking buoy*;
7. *cutting tools*;
8. senter selam;
9. *throwing bag*;
10. *diver flag* sebagai penanda bahwa ada kegiatan penyelaman; dan
11. daftar kontak darurat.

C. Ruang Udara Bertekanan Tinggi (RUBT)

RUBT adalah sebuah ruangan berbentuk kapsul yang bertekanan tinggi dan diisi dengan oksigen murni. Umumnya teknik ini digunakan kepada penyelam yang setidaknya diduga mengalami *decompression sickness* untuk kemudian dilakukan penanganan lebih lanjut. Namun, seharusnya kegiatan riset penyelaman ini tidak menjadi aktivitas yang menimbulkan kondisi dekompresi. Fasilitas RUBT sejatinya digunakan dalam situasi darurat, ketika kondisi di lapangan tidak sesuai harapan dan mengarah pada keselamatan penyelam. Fasilitas RUBT digunakan dalam keadaan luar biasa dan sebagai langkah terakhir, misalnya jika penyelam sudah menyelam lama dan terpaksa harus *ascend* dengan cepat tanpa *decompression stop* (Howel et al, 2018., Liew, 2005., Naval Sea Systems Command, 2016). Oleh karena itu, perencanaan penyelaman, pengawasan dari *dive leader*, dan *dive supervisor/dive safety* harus dilakukan dengan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

baik. Terkait dengan RUBT, penyelam ilmiah harus memastikan beberapa hal seperti berikut.

1. Oksigen tersedia di dalam RUBT.
2. Komunikasi dari dalam RUBT ke operator dipastikan dapat dilakukan, baik secara visual maupun dengan berbicara langsung.
3. Jika dibutuhkan untuk penyelam yang memerlukan perawatan, tenaga pendamping harus tersedia dalam RUBT.

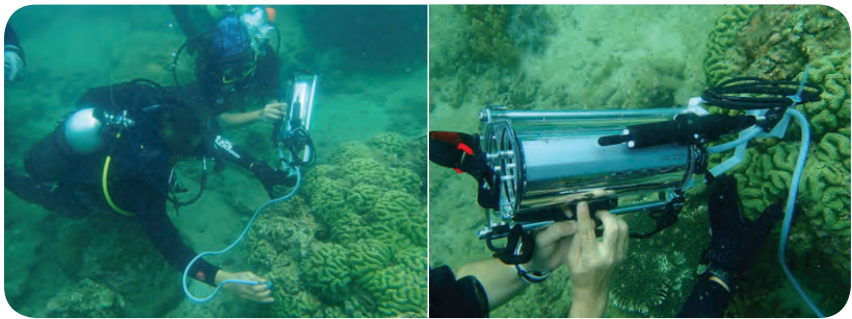


Gambar 1. Contoh RUBT di RS Bhayangkara, Denpasar

Sumber: BRIN/Ni Wayan Purnama Sari

D. Peralatan Kerja Penyelaman Riset Biologi Laut

Peralatan kerja dalam kegiatan penyelaman riset ditentukan oleh tujuan dan metode yang akan digunakan. Sebelum menggunakan peralatan kerja penyelaman riset, penyelam harus memeriksa kondisi dan kelayakan pakai alat riset tersebut, serta memahami dengan jelas cara mengoperasikan alat tersebut. Beberapa alat yang umum digunakan dalam kegiatan penyelaman riset antara lain *GPS tracker*, kamera, dan video bawah air, serta pita gulung berskala. Salah satu peralatan khusus untuk riset biologi laut adalah Diving PAM. Alat ini dapat digunakan untuk mengukur laju fotosintesis biota yang ada di bawah permukaan air. Cara kerja dan teknik mengoperasikan Diving PAM harus diketahui dengan baik mengingat peralatan tersebut sensitif dan harganya terbilang mahal.



Gambar 2. Pengambilan Data dengan Menggunakan Diving PAM II

Sumber: BRIN/Rikoh Manogar Siringoringo

Buku ini tidak diperjualbelikan.

BAB IV

PELAKSANAAN OPERASIONAL PENYELAMAN

A. Mengorganisasikan Kegiatan Penyelaman Ilmiah

Proses mengorganisasikan kegiatan penyelaman ilmiah meliputi perencanaan penyelaman, pelaksanaan penyelaman, dan evaluasi penyelaman. Dalam proses itu, juga diperlukan penerapan keselamatan dan kesehatan kerja selama kegiatan penyelaman ilmiah. Oleh karena itu, dibutuhkan rumusan rencana penelitian, dokumen perencanaan penyelaman, dan dokumen prosedur keselamatan (*safety*) penyelaman. Pelaksanaan kegiatan penyelaman ilmiah memiliki hierarki (tingkatan jabatan) yang berkaitan dengan tanggung jawab pelaksanaan kegiatan. Hierarki jabatan dalam penyelaman ilmiah adalah sebagai berikut:

1. Pimpinan institusi

Pimpinan institusi adalah pejabat yang bertanggung jawab terhadap kegiatan penyelaman ilmiah. Ia memberikan tugas kepada seorang *dive supervisor*.

2. *Dive supervisor*

Dive supervisor adalah seorang yang memiliki kemampuan riset, pengalaman penyelaman ilmiah bertahun-tahun, dan mengerti tentang teori penyelaman, serta prosedur keselamatan penyelaman. Ia ditugaskan untuk meninjau kelayakan suatu kegiatan penyelaman ilmiah. *Dive supervisor* dalam tugasnya bertanggung jawab kepada pimpinan institusi.

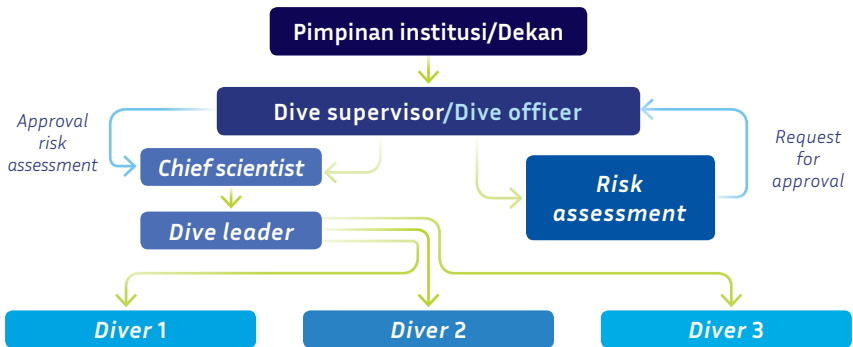
3. *Dive leader*

Dive leader adalah pemimpin kegiatan penyelaman ilmiah yang menguasai tujuan penelitian dan bertanggung jawab kepada *dive supervisor*.

4. *Diver*

Diver adalah penyelam ilmiah yang bekerja di bawah koordinasi *dive leader*.

Secara berurutan, prosedur dan tahapan kegiatan penyelaman disajikan pada Gambar 3. Pada gambar tersebut terlihat bahwa dari institusi atau lembaga mengidentifikasi (jika *bottom up project*) atau memberikan (*top down project*) tugas dan pekerjaan penyelaman ilmiah. Kemudian, pimpinan institusi menunjuk *dive supervisor/dive officer* untuk bertanggung jawab dalam mengawasi atau memantau kegiatan penyelaman tersebut. Selanjutnya, koordinator atau *dive leader* akan menyusun dokumen *general risk assessment* terkait kegiatan penyelaman. Lalu, dokumen itu diajukan kepada *dive supervisor* untuk dicermati dan diperiksa. Jika *dive supervisor* menyetujui dokumen *general risk assessment* yang telah disusun maka *dive supervisor* akan menandatangani dokumen itu sebagai tanda bahwa kegiatan penyelaman dapat dilaksanakan.



Gambar 3. Prosedur dalam Melaksanakan Kegiatan Penyelaman Ilmiah

Sumber: Northeast Gulf Methods

B. Penilaian Risiko (*Risk Assessment*)

Keselamatan dalam bekerja merupakan hak setiap pekerja. Keselamatan itu tidak hanya untuk diri sendiri, melainkan juga keselamatan orang lain yang ada di sekitar. Oleh karena itu, dalam melaksanakan pekerjaan harus menerapkan prosedur keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Regulasi K3 tertuang dalam UU No. 1 Tahun 1970 Tentang Keselamatan Kerja. Undang-Undang itu mengatur keselamatan kerja dalam segala tempat kerja, baik di darat, di dalam tanah, di permukaan air, di dalam air, maupun di udara yang berada di wilayah kekuasaan hukum Republik Indonesia. Regulasi itu bertujuan untuk melindungi pekerja agar tetap sehat, baik selama melakukan pekerjaan maupun setelah selesai melaksanakan pekerjaan. Upaya untuk menjaga keselamatan dan kesehatan pekerja dapat dilakukan secara preventif, promotif, kuratif dan rehabilitatif.

Penilaian terhadap potensi risiko dalam suatu kegiatan penyelaman harus dibuat dalam suatu dokumen oleh *dive leader* (pimpinan penyelaman). Dokumen tersebut disusun sebaik-baiknya oleh pemimpin misi penyelaman (*dive leader*) yang bertanggung jawab sebagai tindakan pencegahan untuk memastikan keselamatan selama kegiatan penyelaman ilmiah. Hal itu dilakukan dengan cara

Buku ini tidak diperjualbelikan.

mengidentifikasi dan mengurangi potensi ancaman. Dokumen itu berfungsi sebagai penilaian risiko umum dan penilaian secara keseluruhan selama kegiatan berlangsung. Oleh sebab itu, dokumen itu harus dilengkapi dengan *daily risk assesment* yang akan digunakan untuk penilaian risiko setiap hari.

Kegiatan penyelaman memiliki risiko dan bahaya yang tinggi, di antaranya kecelakaan, penyakit, bahkan kematian. Oleh karena itu, bahaya dan penilaian atas faktor-faktor risiko yang mungkin dapat muncul pada kegiatan tersebut perlu diidentifikasi. Potensi risiko bisa terjadi pada saat melakukan persiapan kegiatan penyelaman dan pada saat melakukan penyelaman hingga selesai. Jika terjadi kecelakaan kerja maka kegiatan penyelaman tidak dapat mencapai hasil yang diharapkan. Adapun berbagai potensi risiko saat persiapan, penyelaman, upaya-upaya pencegahannya, dan poin-poin di dalam dokumen *risk assesment*, dapat dilihat di bawah ini.

1. Potensi bahaya risiko yang akan muncul saat persiapan di antaranya
 - a. peralatan selam yang berat;
 - b. peralatan penelitian yang sensitif/*fragile*;
 - c. jalan atau dermaga yang licin;
 - d. tergelincir ketika berjalan di kapal;
 - e. ukuran kapal yang kecil; dan
 - f. ombak serta arus.

Upaya pencegahan yang dapat dilakukan antara lain

- a. saling membantu ketika mengangkat peralatan yang berat;
- b. berhati-hati dalam menangani peralatan kerja;
- c. berhati-hati saat berjalan di jalan yang licin;
- d. berhati-hati saat berjalan dan memberi karpet anti-slip di lantai kapal;

- e. menyusun peralatan secara rapi di dalam kapal dan mengikatnya dengan tali agar tidak goyang; dan
 - f. jika cuaca berarus serta berombak maka penyelaman harus dihentikan.
2. Potensi bahaya risiko yang muncul saat penyelaman yakni
- a. terbentur dengan penyelam lain ketika *back roll entry*;
 - b. arus pasang surut dan *reef current*;
 - c. air keruh dengan jarak pandang terbatas atau *low visibility*;
 - d. kedinginan;
 - e. dehidrasi;
 - f. kehilangan keseimbangan ketika melakukan pengambilan data;
 - g. tersangkut dengan peralatan yang dibawa;
 - h. tersengat biota beracun;
 - i. terganggu oleh lalu lintas kapal;
 - j. komunikasi yang tidak berjalan dengan baik;
 - k. penyakit dekompresi dan keracunan gas; dan
 - l. kelelahan.

Upaya pencegahan yang dapat dilakukan yaitu

- a. melihat tabel pasang surut;
- b. melihat ke bawah sebelum turun dan menunggu aba-aba dari *dive leader*;
- c. dekat dengan meteran atau tanda lainnya agar tidak hilang arah;
- d. memakai *wetsuit*;
- e. membawa air minum dan menggunakan kapal yang memiliki atap;
- f. menggunakan pemberat yang sesuai;
- g. membawa peralatan penelitian tidak lebih dari dua jenis;

- h. menghindari kontak dengan biota yang ditemui dan menggunakan sarung tangan bekerja bawah air;
 - i. menggunakan bendera selam *alfa*;
 - j. menggunakan *hand signal*;
 - k. menyiapkan oksigen 100%, lalu segera ke fasilitas RUBT atau rumah sakit, dan mempersiapkan obat-obatan untuk pertolongan pertama pada kecelakaan; dan
 - l. menjaga kondisi tubuh tetap fit.
3. Poin poin yang terdapat di dalam dokumen *risk assessment* adalah sebagai berikut:
- a. Informasi dasar tentang operasi penyelaman yang direncanakan.
Informasi ini mencakup deskripsi lokasi penyelaman, seperti di mana lokasi penyelaman tersebut, bagaimana kondisi perairannya, dan bagaimana karakteristik lokasi tersebut. Berdasarkan informasi itu, dapat disiapkan kebutuhan untuk melakukan pekerjaan dan hal-hal yang berkaitan dengan keselamatan.
 - b. Data personel yang terlibat dalam kegiatan
Data personel ini menunjukkan bahwa seluruh tim sudah memiliki kompetensi untuk melakukan penyelaman.
 - c. Potensi bahaya selama persiapan kegiatan penyelaman
Saat melakukan persiapan kegiatan penyelaman, perlu mengidentifikasi atau menilai potensi risiko yang mungkin terjadi.
 - d. Potensi bahaya saat pelaksanaan kegiatan penyelaman
Potensi bahaya saat melakukan pekerjaan penyelaman, di antaranya dapat disebabkan oleh peralatan, SDM, dan kondisi lingkungan perairan.
 - e. Penerapan langkah keselamatan (*rescue chain*) apabila terjadi keadaan darurat
Jika terjadi keadaan darurat, tim keamanan dan keselamatan mampu melakukan langkah-langkah kedaruratan yang dapat segera menolong korban dengan cepat dan tepat.

C. Penanganan Keadaan Darurat

Korban kecelakaan penyelaman dapat terjadi pada siapa saja. Penanganan prosedur darurat harus direncanakan sebelumnya dan mengutamakan perawatan medis. *Dive leader* bertanggung jawab untuk menyusun prosedur penanganan keadaan darurat penyelaman, termasuk langkah-langkah evakuasi, dan perawatan medis pada setiap lokasi penyelaman. Hal ini juga yang harus diajukan oleh tim penyelaman pada rencana penyelaman dengan penilaian risiko menyeluruh untuk setiap aktivitas penyelaman riset.

1. Rencana penanganan darurat

Poin-poin yang disampaikan dalam rencana penanganan darurat adalah sebagai berikut:

- a. Daftar nomor kontak darurat berdasarkan lokasi penyelaman meliputi
 - 1) nomor kontak Badan SAR setempat;
 - 2) nomor kontak polisi air udara setempat;
 - 3) nomor kontak pangkalan angkatan laut terdekat;
 - 4) nomor kontak kantor polres atau polsek setempat;
 - 5) nomor kontak rumah sakit terdekat; dan
 - 6) nomor kontak darat, contohnya nomor hotel tempat menginap. Hal ini perlu dilakukan sebagai upaya mitigasi jika petugas evakuasi dan/atau petugas medis tidak dapat dihubungi saat situasi darurat maka kontak darat tim yang akan dihubungi. Pastikan nomor kontak darat di atas dapat dihubungi sebelum melakukan kegiatan penyelaman dengan cara menghubungi tiap-tiap nomor hingga dapat tersambung.
- b. Nama, nomor telepon, dan hubungan orang yang dihubungi untuk setiap penyelam jika terjadi keadaan darurat.
- c. Ketersediaan ruang udara bertekanan tinggi (RUBT) terdekat.
- d. Fasilitas kesehatan terdekat yang dapat diakses.
- e. Akses dan sarana transportasi yang tersedia.

2. Keadaan darurat pada penyelaman

Keadaan darurat pada aktivitas penyelaman meliputi hal-hal berikut ini.

a. Penyelam yang tidak sadarkan diri. Prosedur penanganan untuk kondisi itu sebagai berikut:

- 1) Pastikan kondisi korban dan lingkungan sekitarnya terhindar dari hal-hal yang mungkin membahayakan korban, Anda sendiri selaku penolong, dan orang lain di sekitar.

A (*Airways*), yaitu memeriksa saluran napas yang bertujuan untuk membebaskan dan membuka jalan napas. Pemeriksaan ini dilakukan dengan cara membuka mulut dan mengamati apakah ada benda yang berpotensi menyumbat saluran pernapasan atau tidak.

B (*Breathing*), yaitu pemeriksaan napas yang bertujuan untuk mengetahui apakah korban bernapas dengan normal atau tidak. Pemeriksaan ini dilakukan dengan cara mendekatkan telinga dan pipi penolong ke hidung korban dan mata penolong tertuju pada dada atau perut korban. Terdapat beberapa prosedur, yaitu a) mulai prosedur *look*, lihat pergerakan dada atau perut saat korban bernapas; b) *listen*, yaitu mendengarkan suara napas korban; c) *feel*, yaitu merasakan hembusan udara yang keluar dari hidung. Apabila pada pemeriksaan napas ini diketahui korban tidak bernapas, mulai lakukan prosedur CPR (*cardiopulmonary resuscitation*) dengan metode 30-2 (30 kali kompresi dan 2 kali tiupan).

C (*Circulation*) atau sirkulasi manajemen yang bertujuan untuk mengembalikan sirkulasi darah dengan cara menyentuh nadi karotis selama tiga hingga lima detik. Jika tidak ada denyut nadi, lanjutkan proses CPR hingga petugas evakuasi dan petugas medis tiba.

Berikan oksigen 100% dalam kasus penyakit dekompresi dan tenggelam.

- 2) Jika keadaan darurat terjadi pada salah satu anggota tim penyelam maka anggota lain harus segera menghubungi nomor darurat yang telah disiapkan pada *dive plan* dan rencana penanganan darurat. *Dive leader* wajib menyimpan nomor darurat di dalam ponsel yang tidak terkunci dan memiliki pulsa yang cukup, kemudian menghubungi nomor darurat dengan prinsip 5W di antaranya sebagai berikut:
 - a) *Who* (siapa): Perkenalkan diri dan jelaskan bahwa terdapat korban dalam insiden penyelaman.
 - b) *What* (apa): Jelaskan apa yang terjadi/situasi darurat penyelaman kepada tim evakuasi dan petugas medis.
 - c) *When* (kapan): Jelaskan secara detail waktu kejadian karena waktu sangat berharga bagi korban.
 - d) *Where* (di mana): Jelaskan lokasi kejadian secara jelas dan detail.
 - e) *Wait* (tunggu): Tunggu dan jangan menutup sambungan telepon jika ada pertanyaan dan instruksi lanjutan dari tim evakuasi dan/atau petugas medis.
- 3) Hubungi rumah sakit untuk melaporkan kondisi darurat dan rencana tindakan darurat.



Gambar 4. Simulasi Penanganan Keadaan Darurat dalam Penyelaman
Sumber: BRIN/Rikoh Manogar Siringoringo

D. Penyelam yang Hilang

1. Prosedur kehilangan *buddy*/rekan menyelam

Penyelam yang dipasangkan bersama, namun dalam penyelaman kehilangan kontak satu sama lain selama penyelaman maka mengikuti prosedur sebagai berikut:

- Segera setelah menyadari bahwa kontak dengan rekannya telah hilang selama beberapa saat, setiap penyelam harus mencari secara melingkar dengan teknik 360 derajat untuk mencari rekannya, atau melalui pengamatan jejak gelembung rekan penyelam yang sedang dicari dengan cara naik 3 hingga 5 m dari kedalaman awal. Langkah itu harus dilakukan tidak lebih dari satu menit.
- Jika masih belum ada kontak, setiap penyelam yang terlibat harus muncul ke permukaan dengan kecepatan tidak lebih dari 18 m/menit (tingkat pendakian maksimum terkontrol).
- Jika penyelam ditemukan kembali ke permukaan, penyelaman dapat dimulai kembali atau dihentikan berdasarkan keputusan *dive leader*.

- d. Jika seorang penyelam hilang lebih dari 5 menit, prosedur untuk merespons penyelam yang hilang harus dilaksanakan.

Prosedur untuk kehilangan anggota tim penyelaman riset harus disampaikan dan didiskusikan dalam setiap *briefing* kegiatan penyelaman riset.

2. Prosedur penyelam yang hilang

Ketika penyelam tidak dapat ditemukan setelah 5 menit proses pencarian, proses selanjutnya yang harus dilaksanakan adalah sebagai berikut:

- a. Sesegera mungkin setelah seorang penyelam hilang, *dive leader* mengaktifkan rencana tanggap darurat dengan menghubungi dan meminta bantuan kepada tim SAR terdekat, termasuk memberi tahu pimpinan institusi tentang situasi yang sedang terjadi.
- b. Menandai posisi terakhir penyelam yang hilang dengan GPS dan pelampung tanda.
- c. Jika kapan pun seseorang melihat penyelam yang hilang, mereka harus mempertahankan fokus visual pada posisi itu.
- d. Jika penyelam masih berada di dalam air, segera panggil kembali menggunakan sinyal yang telah disepakati sebelumnya.
- e. Mempertahankan kontak dengan sambungan darurat sesuai dengan rencana tanggap darurat.
- f. Semua anggota tim harus siaga terhadap penyelam di permukaan melalui tanda-tanda gelembung udara penyelam, atau visual, atau suara penyelam dengan sinyal darurat.
- g. Gunakan teropong untuk melakukan pengamatan di lingkungan sekitar.
- h. Perhatikan arah angin dan arus bawah.
- i. Jika anggota tim selam lainnya dapat melakukan pencarian terhadap penyelam yang hilang dengan aman, maka *dive*

leader dapat memutuskan tim penyelam untuk memulai pencarian di mana penyelam terakhir terlihat menggunakan pelampung penanda darurat sebagai referensi.

- j. Memastikan tim pencari memiliki kemampuan dan pengalaman yang diperlukan untuk melakukan pola pencarian yang sesuai.
- k. Memastikan bahwa tim pencari dapat dipanggil kembali saat diperlukan.
- l. Melakukan *descend* terkontrol (jangan berenang) ke dasar untuk mengetahui pengaruh arus.
- m. Penyelam yang terlibat dalam pencarian harus menghindari risiko, seperti penyakit dekompresi.
- n. Jika penyelam ditemukan, beri tindakan yang sesuai dengan kondisi korban dan menghubungi petugas medis untuk mendapatkan perawatan yang lebih intensif.
- o. Jika penyelam tidak ditemukan, lanjutkan pencarian selama mungkin sampai tim SAR mengambil alih upaya pencarian dan evakuasi.
- p. Menjaga komunikasi dengan pihak yang berwenang.

Rencana tanggap darurat ini harus disusun dan disampaikan kepada semua anggota tim sebelum penyelaman riset dilakukan.

E. Penerbangan setelah Penyelaman atau Pergi ke Ketinggian

Prosedur aktivitas penerbangan setelah penyelaman atau pergi ke ketinggian (lebih dari 300 m) antara lain berikut ini.

1. Penyelaman tunggal tanpa dekompresi: Penyelam harus melakukan interval permukaan sebelum penerbangan minimum 12 jam.
2. Penyelaman berulang tiap hari atau penyelaman beberapa hari: Penyelam harus melakukan interval permukaan sebelum penerbangan minimum 24 jam.
3. Penyelaman yang memerlukan pemberhentian dekompresi yang direncanakan: Penyelam harus melakukan interval permukaan sebelum penerbangan minimum 48 jam.

Sebelum menuju ke ketinggian di atas 300 meter (1000 kaki) dengan transportasi darat, penyelam harus mengikuti petunjuk yang sesuai untuk interval permukaan sebelum terbang, kecuali prosedur dekompresi yang dilakukan telah memperhitungkan peningkatan ketinggian.

F. Membentuk Tim Penyelaman

Kegiatan penyelaman riset bawah air hanya dapat dilakukan oleh tim penyelam riset. Tim penyelam riset dibentuk berdasarkan tujuan kegiatan sesuai dengan kemampuan dan keahlian yang dimiliki oleh masing-masing penyelam riset. Tim penyelam riset terdiri dari pemimpin penyelaman ilmiah, pengambil data, dan penyelam penolong. Selanjutnya tugas anggota penyelaman ilmiah biologi laut ditetapkan sesuai dengan rencana riset yang telah disusun.

1. Pimpinan penyelaman ilmiah (*dive leader*)

Untuk setiap kegiatan penyelaman ilmiah, koordinator selam (*diving officer*) akan mengusulkan satu orang sebagai pemimpin selam. Orang tersebut biasanya adalah penyelam yang paling berpengalaman atau orang dengan pengetahuan dan keterampilan paling tinggi untuk tugas yang dilakukan. Pemimpin penyelaman bertanggung jawab untuk mengarahkan para penyelam saat berada di atas dan di bawah air dan membuat keputusan yang tepat untuk meminimalkan risiko penyelaman bagi seluruh tim. Jika diperlukan, pemimpin selam dapat menjadi penyelam ilmiah pada saat yang sama.

2. Penyelam pengambil data (*scientific diver*)

Semua penyelam harus pernah mengikuti pelatihan dan memiliki pengalaman sesuai dengan persyaratan dalam panduan ini. Penyelam pengambil data juga harus memahami pengoperasian segala peralatan penyelaman dan teknis pekerjaan yang dilakukan selama penyelaman. Setiap penyelam harus memiliki kesadaran yang tinggi akan keterbatasan pengalaman dan kemampuan mereka sendiri, serta harus menggunakan akal sehat ketika mempertimbangkan keterlibatan mereka dalam setiap kegiatan penyelaman riset.

Jika ada penyelam yang khawatir untuk mengikuti kegiatan penyelaman ilmiah tertentu karena alasan apa pun, maka mereka memiliki hak untuk menolak ikut serta dalam kegiatan penyelaman tersebut. Untuk dapat melakukan kegiatan penyelaman riset, penyelam riset wajib memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Sehat jasmani dan rohani yang dibuktikan dengan surat keterangan sehat yang sah.
- b. Memiliki perlindungan atau dijamin oleh salah satu dari asosiasi asuransi kecelakaan kerja.

- c. Telah dilatih di salah satu lembaga pelatihan yang diakui oleh asosiasi penyelaman ilmiah di Indonesia.
- d. Telah dilatih pertolongan pertama (*first aid*) di tempat kerja dalam tiga tahun terakhir dan terlatih dalam CPR serta pemberian oksigen dalam 12 bulan terakhir.
- e. Memiliki sertifikat selam level *advance* atau yang setara, dengan 50 jam penyelaman setelah menyelesaikan sertifikasi *open water*.

3. Penyelam penolong atau penyelam siaga (*safety diver* atau *standby diver*)

Standby diver bertugas mengawasi segala aktivitas dan siap jika terjadi situasi darurat. *Standby diver* juga harus memenuhi kualifikasi sebagai *scientific diver*. Pada saat kegiatan, *standby diver* berada di atas kapal dan berada dalam kondisi siaga agar memungkinkan untuk segera masuk ke dalam air jika terjadi kondisi darurat pada tim penyelaman riset.

4. Penyelam ilmiah tamu (*visiting scientific diver*)

Penyelam ilmiah tamu adalah penyelam yang diizinkan untuk menyelam dalam jangka waktu terbatas sebagai bagian dari operasi penyelaman institusi dan terlibat dalam penyelaman riset. Aktivitas penyelaman yang mereka lakukan dianggap memenuhi kompetensi atas kebijakan koordinator selam. Jika penyelam tamu ini berasal dari luar negeri maka penyelam tersebut membutuhkan izin dari Tim Koordinasi Pemberian Izin Penelitian Asing (TKPIPA). Pengurusan perizinan tersebut dapat dilakukan secara daring melalui portal *website* yang sudah disiapkan (<http://frp.ristek.go.id/>). Penyelam ilmiah tamu wajib mengikuti pelatihan dan/atau penyetaraan sertifikat kompetensi berdasarkan SKNI Penyelaman Ilmiah Biologi Laut.

G. Penentuan Lokasi Penyelaman

Penentuan lokasi penyelaman didasari oleh tujuan, faktor keterwakilan (stratifikasi) habitat, faktor keamanan saat melakukan penyelaman, dan akses menuju lokasi. Dalam menentukan lokasi digunakan peralatan GPS yang menyimpan posisi koordinat. Selain itu, tanda-tanda alam juga bisa dijadikan referensi jika suatu saat akan kembali ke lokasi tersebut. Dalam menentukan lokasi penyelaman, selain keterwakilan habitat, juga kedalaman. Kedalaman akan memengaruhi berapa lama waktu yang diperbolehkan agar tidak terkena dekomposisi.

H. Prosedur dan Perencanaan Penyelaman

Tekanan yang terjadi akibat penyelaman akan memengaruhi perubahan fisiologis tubuh penyelam. Setiap penambahan kedalaman 10 meter, tekanan naik 1 atmosfer. Dengan penambahan tersebut, berlaku hukum fisika sehingga gas yang dihisap oleh penyelam semakin bertambah dan memengaruhi kondisi fisik penyelam. Untuk meminimalkan dampak penyakit pada penyelam maka harus mengetahui prosedur penyelaman yang benar dan aman antara lain

1. kondisi fisik harus fit dan sehat;
2. membuat perencanaan penyelaman dan melaksanakan penyelaman sesuai rencana;
3. naik ke permukaan secara perlahan dengan kecepatan 10 m/menit (1 m/6 detik);
4. melakukan *safety stop* selama 3 menit pada kedalaman 3 m; dan
5. tidak menahan napas sewaktu naik ke permukaan.

Dalam melakukan penyelaman, *dive leader* bertanggung jawab dalam menyusun rencana penyelaman. Adapun hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam perencanaan penyelaman antara lain

1. kondisi perairan (lingkungan penyelaman);
2. memperkirakan waktu yang baik saat menyelam (melihat tabel pasang surut);
3. menentukan batas kedalaman dan lamanya waktu menyelam (*maximum bottom time*);
4. menghitung konsumsi udara;
5. melakukan pembagian tugas untuk masing-masing penyelam; dan
6. mengingatkan kembali prosedur keselamatan jika terjadi situasi darurat.

1. Log Dive Penyelaman

Setiap penyelam dalam melakukan pengambilan data harus menyiapkan *scientific diving log book* yang mencatat kegiatan penyelaman dengan informasi sebagai berikut:

1. tanggal;
2. lokasi penyelaman;
3. posisi koordinat;
4. kedalaman;
5. waktu mulai dan waktu keluar dari air;
6. pekerjaan yang dilakukan; dan
7. nama serta tandatangan *dive supervisor*.

J. Penyelaman

Batas kedalaman dalam kegiatan penyelaman ilmiah biologi laut maksimal 40 m. *Dive leader* harus mempertimbangkan pengalaman dan kemampuan individu untuk melakukan penyelaman yang dalam. *Dive leader* tidak mengizinkan penyelaman jika membahayakan para penyelam. *Dive leader* dapat menghentikan kegiatan di lapangan jika:

1. diminta oleh penyelam;
2. terjadi kecelakaan terhadap salah satu anggota tim penyelam;
3. tim tidak lengkap;
4. peralatan penting, terutama yang berkaitan dengan *safety*, mengalami kerusakan;
5. terjadi cuaca buruk (badai dan petir di tengah laut); dan
6. jika terjadi perubahan lokasi penyelaman yang membahayakan penyelam.

Dalam merencanakan penyelaman dapat dihitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelam pada kedalaman tertentu. Selain itu, dapat diketahui berapa konsumsi udara yang digunakan oleh masing masing penyelam. Formula untuk menghitung waktu penyelaman dan konsumsi udara dapat dilihat sebagai berikut:

Berdasarkan NOAA Diving Standar and Safety Manual (NOAA, 2017), perhitungan batas waktu bekerja di bawah air mengikuti rumus berikut:

$$SAC = (VT \times VC) / (P \times T)$$

SAC = Surface air consumption (pekerja penyelaman bawah air umumnya 25 liter per menit)

VT = Total volume tabung selam yang digunakan (dalam liter, umumnya tabung selam yang digunakan sebesar 11 liter)

VC = Tekanan udara yang dikonsumsi selama penyelaman (dalam bar) harus menyisakan 50 bar untuk w terutama pada saat melakukan *safety stop*

T = Durasi penyelaman (dalam menit)

P = Tekanan kedalaman pada saat bekerja bawah air (dalam atm), di permukaan air = 1 atm, menuju kedalaman tiap 10 m akan bertambah 1 atm

Studi kasus:

Jika ingin melakukan penyelaman pada kedalaman 10 meter, berapa lama waktu yang dibutuhkan sesuai prosedur penyelaman pekerjaan bawah air yang aman?

Rumus:

$$SAC = (VT \times VC) / (P \times T)$$

$$25 = (12 \times (200 - 50)) / (2 \times T)$$

$$T = 33 \text{ menit}$$

Menghitung konsumsi udara:


Konsumsi udara = (Bar) x volume tabung/kedalaman (atm) x waktu
100 bar x 12/2 atm x 30 menit = 18,33 liter/menit



Buku ini tidak diperjualbelikan.

BAB V

METODE PENGAMBILAN DATA

An illustration of two divers underwater. One diver is in the foreground, swimming towards the right. The other diver is slightly behind and to the right, also swimming towards the right. There are several small fish swimming around them. Bubbles are rising from the divers. The background is a gradient of blue and green, suggesting an underwater environment.

Dalam suatu kegiatan penyelaman ilmiah biologi laut, pengambilan data menjadi tujuan utama. Pengambilan data ini tentu akan menjadi suatu informasi yang bermanfaat bagi penelitian biologi laut dan dunia pendidikan. Pengambilan data tersebut menggunakan berbagai metode yang disesuaikan dengan tujuan dari penelitian, misalnya untuk mengetahui data populasi biota laut, struktur komunitas, biodiversitas, bahkan untuk mengukur kerusakan habitat biota di bawah laut. Terdapat banyak metodologi pengambilan data bawah air yang digunakan sampai saat ini. Metodologi tersebut secara umum meliputi metode transek, observasi visual, pendokumentasian bawah air, pengukuran kerusakan, dan pengambilan sampel. Metodologi pengambilan data akan terus berkembang mengikuti perkembangan teknologi dan isu-isu penelitian yang juga terus berkembang. Secara umum beberapa teknik atau metode pengambilan data disajikan di bawah ini.

A. Teknik Pemasangan Transek

Transek merupakan garis bantu yang diletakkan pada suatu habitat tertentu dengan tujuan untuk mengambil data sampel dari biota tertentu. Pengambilan data itu dilakukan untuk memperkirakan keberadaan biota tersebut dalam suatu populasi. Garis tersebut dapat dibentuk menggunakan tali nilon, ataupun pita berukuran (*roll meter*). Penggunaan *roll meter* lebih disarankan mengingat pada pita *roll meter* terdapat ukuran (dalam satuan unit cm) sehingga dapat diketahui secara pasti panjang garis yang akan ditarik, seperti yang disyaratkan dalam pengambilan data transek. Contohnya, untuk pengamatan terumbu karang dengan metode *underwater photo transect* (UPT), panjang garis transeknya adalah 50 m.

Pada pengamatan bawah air, peletakan garis transek dilakukan dengan penyelaman pada kedalaman tertentu, seperti yang disyaratkan oleh metode sampling yang digunakan. Transek diletakkan pada dasar substrat dan ditarik sejajar garis pantai sepanjang garis transek yang diinginkan. Untuk memastikan transek dipasang pada kedalaman yang sama maka penarik garis transek diwajibkan menggunakan *depth meter* atau pengukur kedalaman sehingga dapat mengontrol kedalaman saat peletakan garis transek.

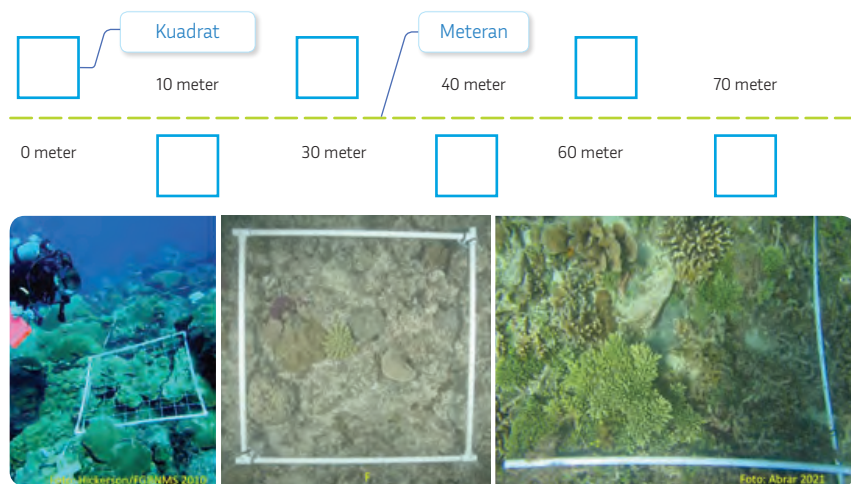


Gambar 5. Contoh Pemasangan Garis Transek

Sumber: BRIN/Giyanto

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Metode transek kuadrat bawah air, salah satunya dapat dilakukan untuk pengambilan data anakan karang (rekrutmen). Secara ukuran, anakan karang dibatasi pada tahap setelah penempelan larva, yaitu mulai dari ukuran koloni yang dapat diamati dengan mata sampai dengan diameter koloni maksimal 10 cm (Obura & Grimsditch, 2009). Metode pengambilan data anakan karang dilakukan dalam plot kuadrat 1x1 meter yang ditempatkan pada transek sepanjang 70 m sejajar garis pantai di kedalaman 5–8 meter. Sejumlah 6 kuadrat sampling pada setiap stasiun ditempatkan secara acak tersistematik pada titik 0, 10, 30, 40, 60, dan titik 70 m (Gambar 6). Penyelaman dengan pengambilan data anakan karang ini membutuhkan ketelitian dalam pengamatan dan pengukuran sampel ukuran kecil. Di samping itu, foto bawah air koloni anakan karang diperlukan untuk identifikasi dan analisis data sehingga kemampuan foto bawah air dengan objek ukuran kecil juga diperlukan. Sejumlah peralatan, seperti alat tulis, bingkai kuadrat, penggaris/kaliper, dan kamera dalam pengambilan data anakan karang juga jadi pertimbangan dalam mobilisasi selama penyelaman.



Gambar 6. Skema Transek Kuadrat-Anakan Karang (Rekrutmen)

Sumber: BRIN/Muhammad Abrar

Buku ini tidak diperjualbelikan.

B. Metode Observasi Visual

Observasi visual bawah laut merupakan pendekatan ekologis yang cepat, efektif, dan ramah lingkungan yang bertujuan untuk mengukur atau mempelajari keanekaragaman, kelimpahan, tutupan bentik, dan/atau tingkah laku berbagai biota di habitat perairan dangkal (Davis et al. 2014; Pais & Cabral 2018). Meskipun demikian, suatu keharusan bagi seorang peneliti biota laut untuk memiliki kemampuan menyelam, di samping cabang dari ilmu biologi laut itu sendiri.

Pengamatan bawah laut untuk pengambilan data keanekaragaman biota (misal ikan terumbu dan karang) dapat dilakukan dengan metode jelajah, yaitu dengan melakukan penyelaman hingga turun ke batas kedalaman atau lokasi terdalam dari area terumbu karang yang masih bisa dijangkau dengan teknik penyelaman, kemudian perlahan naik hingga ke perairan dangkal (Allen & Erdmann, 2011). Spesies yang dijumpai selama penyelaman dicatat dengan pensil pada kertas tahan air. Survei visual untuk keanekaragaman ini biasa dikombinasikan dengan pengoleksian spesimen untuk jenis-jenis biota yang memerlukan identifikasi lebih detail di laboratorium. Sebagai contoh, untuk ikan yang bersifat kriptik atau yang sulit terlihat secara visual karena ukurannya yang kecil, atau mereka yang bersembunyi di celah-celah karang atau batuan, dikoleksi dengan menggunakan larutan minyak cengkeh atau bahan kimia seperti *quinaldin* dan *rotenone* dalam jumlah kecil.

Selain metode jelajah bebas, secara umum, pengamatan visual bawah laut dapat dikategorikan ke dalam tiga pendekatan teknik, yaitu metode titik stasioner, transek, dan berenang dalam rentang waktu tertentu. Dalam metode titik stasioner, seorang penyelam diam di tempat yang sama kemudian mengamati dalam radius tertentu (Bohnsack & Bannerot, 1986). Dalam metode transek (transek garis ataupun sabuk), penyelam berenang dalam garis lurus untuk mencapai jarak tertentu dan untuk menghitung atau mengamati organisme dalam area luasan transek yang telah ditentukan sebelumnya (Brock 1954). Sementara itu, pada pendekatan dengan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

berenang dalam rentang waktu tertentu, seorang penyelam berenang di sepanjang jalur acak, atau mengubah arah pada interval tertentu untuk menghitung organisme di sepanjang jalur yang dilalui (Jones & Thompson, 1978).

Masing-masing teknik ini memiliki kelebihan dan kekurangan serta mungkin akan lebih sesuai untuk tujuan atau target spesies tertentu sehingga kriteria untuk memilih metode visual tergantung pada pertanyaan penelitian, tujuan, dan spesies yang menjadi target pengamatan. Contohnya, data tutupan karang hidup dapat dikoleksi dengan menggunakan kombinasi antara transek garis dan transek foto (English *et al.*, 1997; Suharsono & Sumadhiharga, 2014; Madduppa *et al.*, 2013). Pengamatan visual untuk mempelajari kelimpahan dan biomassa ikan terumbu dan megabentos dapat dilakukan dengan menggunakan transek sabuk (English *et al.*, 1997; Suharsono & Sumadhiharga, 2014). Selain itu, ikan merupakan hewan yang aktif bergerak sehingga ada beberapa hal lain yang perlu diperhatikan, yaitu kebanyakan ikan karang bersifat diurnal dan aktif di siang hari. Sementara itu, hanya sebagian kecil ikan karang yang aktif pada malam hari sehingga pendekatan waktu pengamatan visual yang ideal dilakukan pada pagi hingga sore hari (antara pukul 09.00–16.00) (Madduppa *et al.* 2013). Pendekatan waktu juga perlu mempertimbangkan kondisi pasang surut, di mana kondisi air menuju surut sering menyebabkan arus deras dan kekeruhan tinggi sehingga waktu yang ideal untuk pengamatan ikan terumbu adalah pada saat air menuju pasang dan saat ikan keluar untuk mencari makan.

C. Pendokumentasian Bawah Air

Metode dokumentasi bawah air merupakan metode yang paling umum digunakan untuk menilai biodiversitas dan potensi biota bentik bawah air. Dokumentasi yang paling umum meliputi fotografi yang menghasilkan gambar digital dan video yang menghasilkan rekaman kondisi pada saat itu. Dua metode ini memiliki target yang berbeda. Transek video bawah air digunakan untuk studi pada objek yang bergerak cepat seperti ikan (Boland & Lewbel, 1986, Michalopoulos *et al.*, 1992, Tessier *et al.*, 2005, Pelletier *et al.*, 2011), sementara dokumentasi foto lebih umum digunakan untuk objek yang sesil atau tidak bergerak seperti bentos (misalnya alga atau karang). Teknik dokumentasi foto digital dapat digunakan di sebagian besar kondisi penyelaman, bahkan saat jarak pandang terbatas, dan merupakan metode yang mudah dipelajari oleh penyelam yang kompeten (Jonker *et al.*, 2008). Sementara itu, kelebihan metode video adalah subjek dapat direkam saat bergerak yang dapat membantu identifikasi di laboratorium dan mengurangi kemungkinan duplikasi penghitungan (Bortone *et al.*, 1986; Harvey *et al.*, 2010; Waterberg & Booth, 2014).

Metode video dan fotografi sama-sama memiliki kelebihan, yakni hemat waktu dalam pengambilan data di lapangan dan dapat meminimalkan bias karena data sudah tersimpan serta dapat ditelusuri jika ingin dianalisis lebih lanjut. Namun, terdapat pula kekurangan dari metode foto dan video antara lain ketergantungan pada kamera dan video bawah air, kualitas foto atau rekaman yang dihasilkan pada saat kondisi keruh, kemungkinan kerusakan kamera saat digunakan, waktu analisis yang lebih lama, serta tambahan biaya yang dibutuhkan untuk pembelian dan perawatan kamera juga video di laboratorium (Tessier *et al.*, 2013; Giyanto *et al.*, 2017)

D. Metode Pengukuran Bawah Air

Metode pengukuran area bawah air yang akan diuraikan ini terbatas pada metode pengukuran yang dilakukan melalui aktivitas penyelaman. Oleh sebab itu, terdapat keterbatasan luas area yang bergantung pada kapasitas tabung. Selain itu, disadari juga bahwa terdapat berbagai metode yang lebih akurat dalam proses perhitungan luasan area bawah air, seperti sonar dan *drone* yang masih dapat merekam ketampakan objek hingga kedalaman tertentu (>5 meter).

Metode pengukuran bawah air merupakan metode sederhana. Metode tersebut mengoptimalkan perlengkapan yang digunakan saat kegiatan penyelaman dan sedikit dimodifikasi dengan menambahkan GPS. Adapun rincian peralatan yang digunakan dalam metode ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Peralatan untuk pendokumentasian bawah air

No	Nama alat	Fungsi	Gambar
1	Peralatan selam (SCUBA)	Perlengkapan utama untuk melakukan aktivitas bawah air.	 <p>The image shows a variety of SCUBA diving equipment. On the left, there's a BCD (Buoyancy Control Device), a regulator, an octopus (second stage regulator), instruments, a computer, and a light. On the right, there's a dive suit, a mask, a snorkel, fins, a tank, and a knife. The text 'SCUBA GEAR' is written in red at the top left of the image.</p>
2	<i>Depth meter</i>	Mengukur kedalam <i>relative</i>	 <p>The image shows a depth meter, which is a handheld device with two circular gauges. The top gauge has a scale from 0 to 100, and the bottom gauge has a scale from 0 to 200. Both gauges have red needles and black faces. The device has a black handle and a black cable extending from the bottom.</p>

No	Nama alat	Fungsi	Gambar
3	Kompas	Menentukan orientasi	
4	GPS handheld	Merekam posisi geografis	
5	Tali reel (minimal 50m)	Menghubungkan posisi penyelam di dasar perairan dengan posisi GPS yang berada di permukaan air	

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No	Nama alat	Fungsi	Gambar
6	<i>Torpedo buoy</i>	Mempertahankan posisi GPS tetap berada di atas permukaan air sehingga tetap bisa merekam posisi geografis penyelan yang berada tegak lurus dengan tali di dasar perairan	
7	Pemberat	Menjaga kestabilan <i>torpedo buoy</i>	
8	<i>Water-proof box</i>	Melindungi <i>GPS handheld</i> dari air	

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No	Nama alat	Fungsi	Gambar
9	Lakban	Menempelkan box GPS pada torpedo buoy	
10	Papan sabak	Mencatat informasi titik-titik yang akan dipetakan	
11	<i>Under-water camera</i>	Merekam kondisi objek bawah laut yang berguna sebagai titik ikat dalam pembuatan peta	

Sumber: Hafizt, M. (2016)

Buku ini tidak diperjualbelikan.


Pengukuran luasan melalui aktivitas penyelaman dilakukan pada area perairan yang memiliki kedalaman lebih dari 5 m dan pada area dengan jarak pandang perairan yang rendah. Jika area yang dipetakan memiliki kedalaman kurang dari 5 meter dengan kondisi jarak pandang yang baik maka pengukuran masih dapat dilakukan dengan memanfaatkan foto yang diambil menggunakan *drone* dan selanjutnya dibuat mosaik menjadi sebuah gambar yang memiliki referensi geografis. Tahapan-tahapan yang dilakukan untuk melakukan perhitungan estimasi luasan area di bawah air sebagai berikut.

1. Persiapan alat

Dalam proses mempersiapkan alat, hal yang dilakukan, yakni mengatur perekaman koordinat otomatis dengan cara menyesuaikan waktu antara kamera bawah air dan GPS. Kemudian, menempatkan GPS yang telah dilindungi di dalam boks kedap udara, pada pelampung torpedo. Selanjutnya, pelampung akan dibawa dengan cara ditarik oleh penyelam yang berada di dasar perairan menggunakan tali rol.

Cara melakukan penyetelan alat koordinat otomatis dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Penyetelan alat perekaman koordinat otomatis

	<p>Penyetelan perekaman koordinat otomatis berada pada menu “SETTINGS: Tracks,” lalu memilih “Time” pada menu “Record Method” sehingga GPS akan merekam posisi setiap jeda waktu tertentu yang dapat diatur pada setiap 5/10/15 detik, tergantung dari tingkat kesibukan aktivitas di bawah air.</p> <p>Pada saat “Track Log” dalam posisi “Record Show On Map” maka GPS sudah mulai merekam posisi dan selanjutnya GPS dapat dimasukkan ke dalam kotak pelindung dan ditempelkan pada <i>buoy</i> menggunakan lakban.</p> <p>Penyesuaian waktu untuk memudahkan identifikasi posisi di dasar perairan dilakukan dengan menyamakan waktu pada <i>underwater camera</i> mengikuti waktu pada GPS.</p>
	<p>Penambahan GPS pada penyelam dengan cara mengikatkan <i>buoy</i> yang telah dilengkapi GPS aktif menggunakan tali <i>reel</i>.</p>

Sumber: Hafizt, M. (2016)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

2. Pengambilan data (foto, kedalaman, jarak, dan arah)

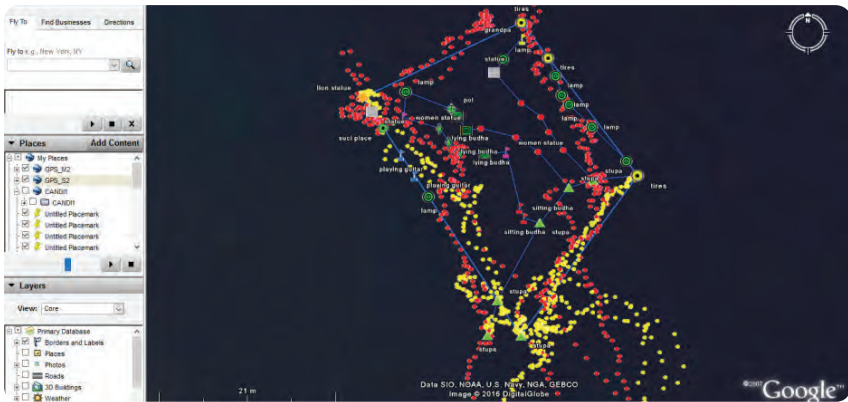
Pengambilan data guna kebutuhan estimasi luasan terdiri dari

- data foto yang berfungsi sebagai titik di dasar perairan dengan posisi di permukaan melalui persamaan waktu;
- kedalaman yang dapat diinterpolasi sehingga diperoleh informasi *counter*,
- jarak; dan
- sudut yang berguna untuk mengevaluasi hasil perhitungan estimasi luasan dari titik-titik yang direkam GPS di permukaan.

Dalam pengambilan setiap titik yang berfungsi sebagai titik ikat diupayakan tegak lurus dengan posisi tali GPS yang ada di permukaan. Hal itu dilakukan untuk meminimalkan kesalahan posisi akibat arus perairan.

3. Pengolahan data

Diawali dengan '*data clearing*', yaitu mengeliminasi titik koordinat perekaman setiap 5 detik yang tidak diperlukan (Gambar 7). Data titik yang diambil hanya data yang mendekati waktu pengambilan setiap foto di bawah air. Data itu merupakan referensi dari titik ikat area di dasar perairan. Pengelolaan data yang dibutuhkan dalam perhitungan estimasi luasan dapat mengikuti Tabel 4.



Gambar 7. Hasil Perekaman GPS Otomatis Setiap 5 Detik

Sumber: Tangkapan Layar Model *Tracking GPS DigitalGlobe/BRIN/Muhammad Hafiz*

Tabel 4. Informasi yang dibutuhkan untuk perhitungan area kerja di bawah air

no	time	x	y	z (m)	z tide	distance (m)	disstance information	object information	collector	GPS
1	15.25.51	345288,95	9084745,10	7,10	6,8	0	starting point	stupa	reza	GPSS
2	15.33.11	345291,15	9084753,10	9,70	9,4	12,5	1 to 2	sand	reza	GPSS
3	15.30.21	345299,47	9084763,86	18,80	18,5	12,5	2 to 3	tires	abrar	GPS M
4					-0,3	9,3	3 to 4	tstatue	abrar	GPS M
5				19,00	18,7	10,7	4 to 5	tires	abrar	GPS M
6	16.23.34	345281,90	9084783,81	18,00	17,7	4	5 to 6	tires	idham	GPS M
7	16.24.29	345273,40	9084777,39	10,00	9,7	10,8	6 to 7	sand	idham	GPS M
8	16.23.59	345267,71	9084771,18	9,00	8,7	10,8	7 to 8	stupa	sari	GPS S
9					-0,3	13	8 to 9	stupa	sari	GPS S
10	16.29.24	345282,37	9084751,03	9,00	8,7	13	9 to 10	box	sari	GPS S

Sumber: Hafizt, M. (2016)

Keterangan:

Time : Waktu pada titik GPS yang mendekati waktu foto pada kolom *object information*.

X : Longitude (UTM *coordinate system*).

Y : Latitude (UTM *coordinate system*).

Z : Kedalaman yang diukur menggunakan *depth meter* pada *regulator*.

Z tide : Kedalaman perairan yang telah dikoreksi tinggi pasut.

Distance : Jarak antar objek bawah air yang di foto.

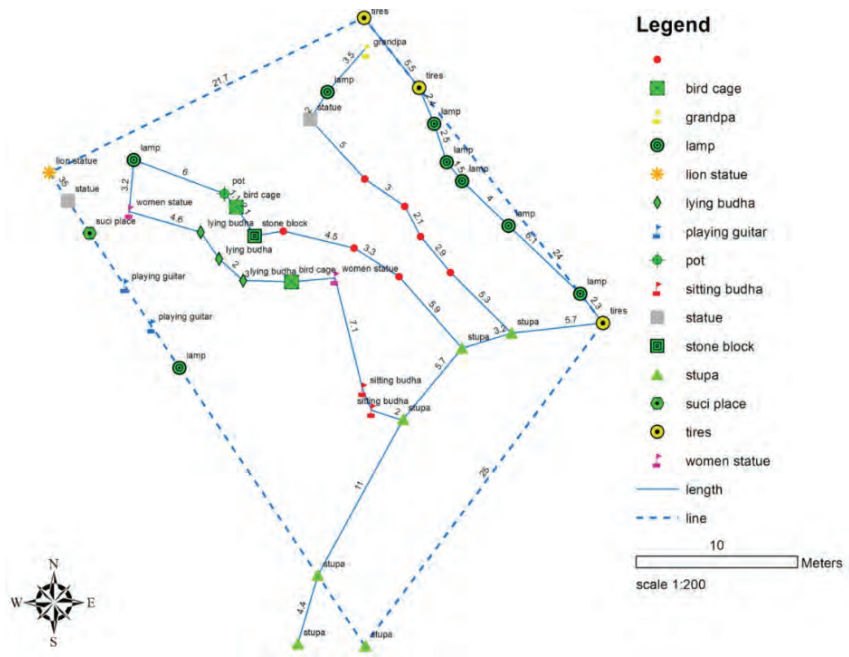
Object information : Keterangan objek (bentuk, ukuran, tinggi, dsb).

Collector : Penyelam yang melakukan pengukuran, dilakukan apabila pekerjaan dilakukan oleh beberapa orang.

GPS : Kode GPS apabila menggunakan lebih dari satu GPS dalam melakukan pengukuran.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Pengolahan data seperti pada tabel di atas dapat dilakukan menggunakan aplikasi *spreadsheet*, di mana transfer data dari GPS ke dalam laptop atau komputer dapat dilakukan melalui kabel data. Selanjutnya informasi pada tabel di atas dapat ditampilkan dalam bentuk *chart* atau peta melalui aplikasi ArcGIS dan QGIS (Gambar 8).



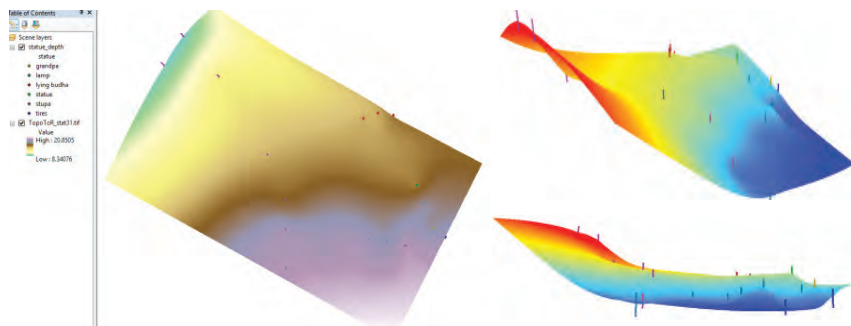
Gambar 8. Chart atau Peta yang Menggambarkan Kondisi Bawah Air beserta Cakupan Area Kerja

Sumber: Tangkapan Layar dari Aplikasi ArcGIS/BRIN/Muhammad Hafizt

Gambar di atas menunjukkan posisi dari setiap objek yang berada di dasar perairan, di mana luasan area kerja dapat dihitung secara cepat melalui aplikasi QGIS menggunakan *calculate geometry*. Berdasarkan hasil pengukuran melalui kegiatan penyelaman, luasan area pada gambar di atas (garis biru putus-putus) sebesar 723,6 meter².

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Adapun data kedalaman dapat dimanfaatkan untuk memodelkan ketampakan tiga dimensi area kerja. Kemudian, dengan penambahan informasi ketinggian dari setiap objek dasar laut yang menjadi titik ikat, dapat dihasilkan ketampakan tiga dimensi area serta objek yang dipetakan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Pengolahan Data Kedalaman dari *Depth Meter* pada Regulator Selam

Sumber: Tangkapan Layar dari Aplikasi ArcGIS/BRIN/Muhammad Hafiz

E. Metode Pengambilan Sampel Biologi

Secara umum, hal yang harus diperhatikan dalam pengambilan sampel ini adalah aspek keselamatan. Aspek tersebut dapat dikaji dalam dua perspektif, yaitu perilaku kerja dan lingkungan selam. Perilaku kerja meliputi kecakapan selam pengambil sampel serta penggunaan alat dan bahan dalam sampling tersebut. Kecakapan selam itu merujuk pada kemampuan seorang penyelam dalam mengontrol dan menguasai situasi penyelaman dengan baik. Kecakapan itu meliputi kemampuan *buoyancy* yang baik, kemampuan orientasi bawah air, dan kemampuan selam dalam atau selam dengan *visibility* rendah jika diperlukan. Sementara itu, lingkungan penyelaman merujuk pada parameter perairan yang harus diperhatikan oleh penyelam dalam melakukan pengambilan sampel. Hal yang harus diperhatikan dalam lingkungan penyelaman, di antaranya kedalaman perairan yang

Buku ini tidak diperjualbelikan.

hendak dituju, bentuk topografi perairan, arus, suhu, gelombang, dan parameter fisik perairan lain, serta kesadaran terhadap lingkungan, termasuk hewan berbahaya.

Metode pengambilan sampel dalam penyelaman ilmiah bergantung pada bidang kajian yang hendak diteliti, misalnya sampel pelagik, planktonik, bentik, atau sedimen. Penentuan alat dan bahan juga dipengaruhi oleh objek yang hendak diambil sampelnya. Antara objek yang satu dan lainnya akan berbeda dalam hal pengambilan sampel, penanganan sampel, alat, dan bahan yang digunakan. Kemudian, alat SCUBA yang akan digunakan harus memenuhi beberapa aspek, di antaranya

1. dalam kondisi baik dan nyaman;
2. dilengkapi dengan alat bantu kontrol penyelaman lainnya; dan
3. pemilihan, penanganan, dan penggunaan alat serta bahan harus mudah serta aman digunakan.

Oleh sebab itu, perlu diperhatikan jenis, ukuran, dan jumlah alat serta bahan yang akan dibawa. Dengan demikian, penyelam tidak terganggu gerakan selamnya, tidak memberatkan, dan tidak menyita konsentrasi penyelam secara terus menerus. Hal itu dapat membantu penyelam untuk fokus pada objek/sampel berkualitas yang hendak diambil.

Pada pengambilan sampel bentik, sampel karang, atau teripang misalnya, diperlukan

1. alat pemotong;
2. keranjang/tempat sampel; dan
3. penjepit untuk mengambil sampel.

Pengambilan sampel pelagik dan planktonik sama-sama membutuhkan jaring dan tempat sampel, sesuai dengan kebutuhan masing-masing. Jika dibutuhkan, botol sampel dengan ukuran mulut yang besar juga digunakan untuk mengambil sampel yang cukup besar. Sementara itu, meskipun secara umum penggunaan *sediment*

core dan sediment *grab* dilakukan dari atas permukaan air, tetapi melalui penyelaman, *sediment core* dan *sediment grab* serta tas sampel dapat dibawa ke dalam air. Teknik itu disesuaikan dengan kondisi penyelaman (Pardo, 2014).

Pengambilan sampel biologi dalam kegiatan penyelaman ilmiah membutuhkan upaya lebih dan konsentrasi tinggi secara terus menerus, mengingat adanya alat dan bahan yang dibawa saat penyelaman, serta kebutuhan akan kualitas sampel yang diambil. Untuk itu, pengambilan sampel ini sebaiknya dilakukan secara tim kecil yang terdiri dari *leader* yang bertanggung jawab mengambil sampel, *buddy* yang membantu pengambilan sampel, dan *safety diver* yang bertugas mengawasi pengambilan sampel; mengawasi lingkungan penyelaman terhadap bahaya tersengat hewan beracun, terseret arus, melewati batas kedalaman dan lama penyelaman, atau terantuk karang serta risiko bahaya lainnya (Haddock & Heine, 2005., Pardo, 2014).

DAFTAR PUSTAKA

- Allen GR, Erdmann MV. (2011). Keragaman Ikan Karang di Perairan Bali, Indonesia, P. 17–71. Dalam Mustika PL, Ratha IMJ, Purwanto S (Eds): Kajian Cepat Kondisi Kelautan Provinsi Bali 2011. RAP Bulletin of Biological Assessment 64. Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Bali, Balai Riset dan Observasi Kelautan Bali, Universitas Warmadewa, Conservation International Indonesia, Denpasar.
- Bohnsack JA, Bannerot SP. (1986). A Stationary Visual Census Technique for Quantitatively Assessing Community Structure of Coral Reef Fishes. NOAA National Marine Fisheries Service, USA.
- Boland GS, Lewbel GS. (1986). Estimation of Demersal Fish Densities in Biological Surveys Using Underwater Television Systems. *Oceans 2*: 9–13.
- Bortone SA, Hastings RW, Oglesby JL. (1986). Quantification of Reef Fish Assemblages: A Comparison of Several in Situ Methods. *Northeast Gulf Sci* 8:1–22.
- Brock VE (1954) A Preliminary Report on a Method of Estimating Reef Fish Populations. *Journal of Wildlife Management*, 18:297–308.
- Davis T, Harasti D, Smith SDA. (2014). Compensating for Length Biases in Underwater Visual Census of Fishes Using Stereo Video Measurements. *Marine and Freshwater Research*. [Http://Dx.Doi.Org/10.1071/MF14076](http://Dx.Doi.Org/10.1071/MF14076).

- English SA, Wilkinson CR, Baker VJ. (1997). Visual Census of Reef Fish: Long-Term Monitoring of the Great Barrier Reef. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- Haddock, Steven, H, D. And Heine, John, H. (2005). Scientific Blue-Water Diving. California Sea Grant College Program. California.
- Harvey E, Fletcher D, Shortis M, Kendrick G. (2004). A Comparison of Underwater Visual Distance Estimates Made by SCUBA Divers and a Stereo-Video System: Implications for Underwater Visual Census of Reef Fish Abundance. *Mar Freshwat Res* 55:573–580.
- Howell, R. S., Criscitelli, T., Woods, J. S., Gillette, B. M., & Gorenstein, S. (2018). Hyperbaric Oxygen Therapy: Indications, Contraindications, and Use at a Tertiary Care Center: 1.3 [Www. Aornjournal.org/Content/Cme](http://www.aornjournal.org/content/cme). *AORN Journal*, 107(4), 442–453. <https://doi.org/10.1002/Aorn.12097>.
- Jones R, Thompson M. (1978). Comparison of Florida Reef Fish Assemblages Using a Rapid Visual Technique. *Bulletin of Marine Science*, 28:159–172.
- Jonker MJ, Bray PE, Johns KA, Osborne KO. (2020). Surveys of Benthic Reef Communities Using Underwater Digital Photography and Counts of Juvenile Corals. Long Term Monitoring of the Great Barrier Reef - Standard Operational Procedure Number 10, 2nd Ed. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia. 36 Pp. <https://doi.org/10.25845/Jjzj-0v14>.
- Madduppa, H.H., Subhan, B., Suparyani, E., Siregar, A.M., Arafat, D., Tarigan, S.A., Alimuddin, D.K., Rahmawati, F. & Bramandito, A. (2013). Dynamics of Fish Diversity Across an Environmental

- Gradient in the Seribu Islands Reefs off Jakarta. *Biodiversitas*, 14(1), Pp.17-24.
- Michalopoulos C, Auster PJ, Malatesta RJ. (1992). A Comparison of Transect and Species-Time Counts for Assessing Faunal Abundance from Video Surveys. *Mar Technol Soc J* 26: 27–31.
- Naval Sea Systems Command. (2016). U.S. Navy Diving Manual. Revision 7. Publication SS521-AG-PRO-010. Washington DC.
- Obura, D. and G. Grimsditch. (2009). *Resilience Assessment of Coral Reefs : Rapid Assessment Protocol for Coral Reefs, Focusing on Coral Bleaching and Thermal Stress*. IUCN. Gland. Switzerland. 70 Pp.
- Pais MP, Cabral HN. (2018). Effect of Underwater Visual Survey Methodology on Bias and Precision of Fish Counts: A Simulation Approach. *Peerj*, 6: 1–19.
- Pardo, A. (2014). A Scuba Diving Direct Sediment Sampling Methodology on Benthic Transects in Glacial Lakes: Procedure Description, Safety Measures, and Tests Results. *Environ Sci Pollut Res* 21, 12457–12471. <https://doi.org/10.1007/S11356-014-3011-8>.
- Pelletier D, Leleu K, Mou-Tham G, Guillemot PN, Chabanet P. (2011). Comparison of Visual Census and High Definition Video Transects for Monitoring Coral Reef Fish Assemblages. *Fish Res* 107: 84–93 .
- R. Wartenberg & A. J. Booth. 2014. Video Transects are the Most Appropriate Underwater Visual Census Method for Surveying High-Latitude Coral Reef Fishes in The Southwestern Indian Ocean. *Mar Biodiv*. DOI 10.1007/S12526-014-0262-Z

- SKKNI Penyelaman Ilmiah Biologi Laut. Kemenaker. (2019).
- Subhan B., Khair M, Madduppa H, Nurjaya IW, Ardiwijaya RL, Prabuning D, Anggoro AW, Arafat D. (2015). Terumbu Karang Tulamben. Bogor, IPB Press 170 Pp.
- Suharsono dan Sumadhiharga OK. (2014). Panduan Monitoring Kesehatan Terumbu Karang: Terumbu Karang, Ikan Karang, Megabenthos dan Penulisan Laporan. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta
- Tessier A, Pastor J, Francour P, Saragoni G., Crec’hriou R., & Lenfant P. (2013). Video Transects as a Complement to Underwater Visual Census to Study Reserve Effect on Fish Assemblages. *Aquatic Biology*. Vol. 18: 229–241, 2013. DOI 10.3354/Ab00506.
- Tessier E, Chabanet P, Pothin K, Soria M, Lasserre G. (2005). Visual Censuses of Tropical Fish Aggregations on Artificial Reefs: Slate Versus Video Recording Techniques. *J Exp Mar Biol Ecol* 315: 17–30.
- Van Liew, H. D., & Flynn, E. T. (2005). Direct Ascent From Air and N2-O2 Saturation Dives in Humans: DCS Risk and Evidence of a Threshold. *Undersea & Hyperbaric Medicine : Journal of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc*, 32(6), 409–419.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Penilaian risiko umum (*general risk assessment*)

Studi kasus:

Anda akan melakukan kegiatan pengamatan kondisi terumbu karang di Raja Ampat, Papua. Contoh *general risk assessment* yang dapat anda susun adalah sebagai berikut.

Risk Assessment for Scientific Project Reef Health Monitoring Kabupaten Raja Ampat

Dokumen ini disusun sebaik-baiknya oleh pemimpin penyelaman (*dive leader*) yang bertanggung jawab sebagai tindakan pencegahan untuk memastikan keselamatan selama kegiatan penyelaman ilmiah. Hal itu dilakukan dengan cara mengidentifikasi dan mengurangi potensi ancaman. Dokumen ini juga memberikan langkah-langkah dan informasi yang relevan untuk mengatur langkah keselamatan jika terjadi keadaan darurat dan harus dapat diakses selama operasi penyelaman.

Poin yang tercantum di bawah ini adalah poin penilaian risiko dan persiapan penyelaman yang merupakan poin referensi untuk memastikan keselamatan selama kegiatan “Monitoring Kesehatan Ekosistem Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait” (selanjutnya disebut RHM) tahun 2021. Dokumen ini berfungsi sebagai penilaian risiko umum dan penilaian secara keseluruhan selama kegiatan berlangsung. Oleh sebab itu, dokumen ini harus dilengkapi dengan

daily risk assesment yang akan digunakan untuk penilaian risiko setiap hari.

Poin yang tertulis di bawah ini mewakili sebagian dari beberapa potensi ancaman. Tugas *dive leader*, yakni mengidentifikasi potensi ancaman lebih lanjut dan mengembangkan langkah-langkah mitigasi untuk mengurangi risiko serta memastikan keselamatan di setiap titik waktu kegiatan penyelaman. Risiko dan mitigasi ini selanjutnya harus dimasukkan di masing-masing bidang, baik dalam penilaian risiko kerja harian maupun penilaian umum proyek ini. *Dive leader* menyajikan dokumen penilaian risiko kerja kepada seluruh kelompok penyelaman secara rinci sebelum penyelaman dilakukan dan memberi informasi mengenai tindakan keselamatan serta tindakan darurat efektif yang harus diambil.

1. Informasi dasar tentang operasi penyelaman yang direncanakan

1	Nama kegiatan	Reef Health Monitoring Kabupaten Raja Ampat 2021
2	Tujuan penelitian	Mengetahui kondisi terkini kondisi terumbu karang
3	Waktu	21 April—1 Mei 2021
4	Kedalaman maksimal	Kedalaman maksimal 10 m. Kedalaman akan disesuaikan dengan perencanaan penyelaman
5	Jenis alat pernafasan (gas) yang digunakan	Udara bertekanan (0,21 02, 200 bar), diisi di Kapal <i>Liveaboard</i> (LOB) Raja Ampat Explorer
6	Rencana jumlah penyelaman	12 kali penyelaman

7	Tugas yang dilakukan selama penyelaman	Ada 4 bidang: UPT untuk karang; UVC untuk ikan karang; <i>Belt transek</i> untuk megabentos; pengambilan sampel bawah air; dan pemasangan transek permanen (patok besi dan tali nangi sebagai tanda)
8	Deskripsi lokasi penyelaman	Lokasi penyelaman berada di pesisir Pulau Salawati dan Batanta, Kabupaten Raja Ampat, Provinsi Papua Barat Peta dan koordinat terlampir. Penyelaman dilakukan dengan menggunakan LOB. Untuk menjangkau lokasi penyelaman digunakan dua <i>tender boat</i> , masing-masing kapasitas 6 orang. Jarak dari <i>tender boat</i> ke LOB Raja Ampat Explorer maksimal 2 mil (diusahakan sedekat mungkin)
9	Apakah ada lokasi endemik malaria?	Ya, sudah disiapkan obat antibiotik dosis rendah
10	Apakah disiapkan <i>free day</i> ?	Ya, sambil menganalisis data dan persiapan peralatan

Peta lokasi

Posisi koordinat lokasi penelitian

SWBC 01	131.13312	0.99476	Utara Pulau Warir, Salawati
SWBC 02	131.12479	0.92609	Pulau Yefman, Salawati
SWBC 03	131.14466	0.95859	Pulau Mataan, Salawati
SWBC 04	131.05798	0.92664	Pulau Kapatlap, Salawati
SWBC 05	131.02689	0.89485	Pulau Senapan, Salawati
SWBC 06	130.99180	0.92096	Desa Waipelet, Salawati
SWBC 07	130.88062	0.84609	Timur Pulau Batanta
SWBC 08	130.91031	0.79980	Timur laut Pulau Batanta
SWBC 09	130.85230	0.76173	Tanjung Alauket, Batanta
SWBC 10	130.77098	0.75523	Pulau Peev, Batanta
SWBC 11	130.66929	0.77449	Pulau Run, Batanta
SWBC 12	130.64483	0.80200	Pulau Insaway, Batanta

2. Data personal

Kegiatan ini merupakan kegiatan penyelaman ilmiah. Oleh sebab itu, semua penyelam yang berpartisipasi harus memenuhi setidaknya persyaratan berikut:

- sertifikat menyelam minimal CMAS Two Star atau yang setara;
- pemeriksaan medis yang valid untuk menyelam (tidak lebih dari 12 bulan),
- sertifikat pertolongan pertama; dan
- pelatihan CPR dalam setahun terakhir, lebih dari 50 kali penyelaman.

No.	Nama	Sertifikat	Pengalaman
1
2
3
4
5
6
7
8
9

3. Potensi bahaya selama persiapan kegiatan penyelaman

Sehubungan dengan sarana yang digunakan untuk penyelaman (misalnya perahu), apakah ada potensi bahaya yang menyebabkan cedera diri atau kerusakan peralatan selama persiapan penyelaman? Jika ya, tindakan apa yang diambil untuk mencegah ancaman tersebut?

Ya, perahu kecil, dermaga licin, laut bergelombang, dan alat berat.

Langkah-langkah untuk menghindari potensi bahaya selama persiapan kegiatan penyelaman sebagai berikut:

- mengamankan peralatan di kapal dengan mengikat tangki ke besi atau tiang di kapal;

- memberi tahu penyelam untuk ekstra hati-hati saat mengangkat peralatan menuju dan/atau dari kapal;
- saling membantu dalam memuat/menurunkan alat berat (berbagi beban);
- pemimpin misi penyelaman akan mengatur ruang di kapal;
- penyelaman tidak akan dilakukan selama kondisi buruk (laut berombak atau berarus); dan
- semua penyelam harus mendengarkan *dive leader* dengan cermat saat *briefing*.

4. Potensi bahaya saat kegiatan penyelaman

- a. Apakah ada bahaya dari lantai yang licin (yang disebabkan oleh, misalnya bekerja dengan air di atas dek) selama persiapan dan/atau pelaksanaan operasi?

Ya, peralatan basah dan air laut mungkin akan membuat geladak/lantai menjadi licin.

Langkah-langkah untuk menghindari potensi bahaya saat kegiatan penyelaman sebagai berikut:

- beri tahu penyelam tentang risiko dan pastikan bahwa penyelam yang dilengkapi peralatan tetap duduk;
 - selalu kenakan, baik *lifevest* ataupun *wetsuit*;
 - pastikan daya apung positif jika jatuh ke laut;
 - penyelam akan diberitahu tentang kondisi dek yang licin; dan
 - pergerakan di perahu dikurangi seminimal mungkin.
- b. Apakah operasi penyelaman berlangsung di bawah pengaruh pasang surut yang signifikan? (jika ya, jelaskan langkah-langkah pengamanan yang sesuai, misalnya sebutkan periode air pasang dan tunjukkan durasi penyelaman selama periode ini).

Iya, jarak pasang surut signifikan (>2 m), menggunakan tabel pasang surut, saat air bergerak menuju pasang tertinggi adalah saat yang tepat untuk melakukan penyelaman.

- c. Apakah arus air diperkirakan kuat? (Jika ya, tindakan pencegahan apa yang sedang diambil? Pada kecepatan >3 m/s, apakah penyelaman harus dihentikan?)

Tidak, lokasi penyelaman jarang terkena arus yang kuat. Namun, jika ada arus yang kuat dan/atau laut yang ganas, kedalaman/waktu penyelaman akan dibatasi, dan jika perlu kegiatan penyelaman akan dibatalkan. Akan tetapi, penting untuk ditekankan bahwa ombak dapat mempersulit posisi perahu dan penyelaman tidak diperbolehkan, kecuali perahu ditempatkan dengan aman. Selain itu, penyelam juga akan diberi tahu tentang risiko menyelam di perairan dangkal yang dekat dengan bebatuan karena gelombang besar dapat mendorong penyelam menuju bebatuan. Jika gelombang besar terlalu kuat, penyelam akan diberitahu untuk menghindari daerah dangkal (<3 m). Oleh karena itu, penyelam hanya diperbolehkan bekerja di daerah yang lebih dalam (> 3 m) dari transek.

- d. Apakah diperkirakan terjadi panas dan dehidrasi yang lebih besar?

Dehidrasi selalu menjadi risiko saat menyelam. Oleh sebab itu, penyelam disarankan untuk tetap terhidrasi dan membawa air minum ke lokasi penyelaman.

- e. Bagaimana jika kondisi perairan keruh?

Jika perairan keruh, penyelam tetap akan dicoba turun. Namun, jika tidak memungkinkan, penyelaman akan dibatalkan.

- f. Apakah ada potensi bahaya tertentu di lokasi penyelaman karena membawa beberapa peralatan ilmiah?

Ya, saat bekerja dengan peralatan, penyelam mungkin dapat terlilit, terganggu atau tidak fokus, bahkan peralatan bisa rusak atau hilang.

Langkah-langkah untuk menghindari potensi bahaya tersebut sebagai berikut:

- rencana penyelaman harus jelas dan sederhana;
 - penyelam tidak akan mendapatkan lebih dari dua peralatan untuk dibawa;
 - penyelam mendapatkan tidak lebih dari tiga tugas, per penyelaman; dan
 - tugas-tugas ini akan disesuaikan dengan pengalaman penyelam.
- g. Apakah ada ancaman bahaya oleh alat tangkap atau aktivitas di lokasi penyelaman?

Ya.

Langkah-langkah untuk menghindari ancaman bahaya tersebut, yakni penyelam akan diberitahu untuk waspada terhadap kemungkinan terjerat oleh peralatan pancing yang ada di lokasi penyelaman dan benda tajam yang mungkin ada di dasar perairan.

- h. Apakah ada kemungkinan bertemu dengan predator atau spesies hewan beracun?

Ya, risiko bertemu dengan predator mungkin terjadi di daerah tersebut. Begitu pula dengan risiko bertemu dengan biota beracun lainnya, seperti *stone fish*, atau hewan lainnya.

Langkah-langkah untuk menghindari kemungkinan tersebut, yakni penyelam akan diberitahu untuk menghindari

interaksi dengan hewan tersebut jika ditemui. Berkenaan dengan biota beracun, penyelam akan diberitahu untuk menghindari segala jenis kontak dengan mereka, dan harus memakai sarung tangan.

- i. Apakah penyelaman dilakukan di sekitar operasi perkapalan? (Jika ya, tindakan apa yang diambil untuk mencegah bahaya ini?)

Ya, lokasi penyelaman berada di area lalu lintas kapal, baik kapal penumpang maupun kapal nelayan.

Langkah-langkah untuk menghindari ancaman bahaya tersebut sebagai berikut:

- *flag alpha* (bendera selam) adalah prioritas utama dan akan dipasang sehingga terlihat dari jarak jauh;
- kegiatan penyelaman akan diinformasikan kepada para penumpang di kapal penumpang;
- *dive leader* akan diberitahu untuk berhati-hati saat mendekati lokasi penyelaman; dan
- mengangkat garis sinyal tinggi untuk menunjukkan dengan jelas bahwa ada penyelam di dalam air.

Penyelam:

Dengan ini saya mengonfirmasi bahwa saya telah memahami sepenuhnya penilaian risiko di atas dan bahwa saya akan melakukan langkah-langkah yang sesuai.

Name: Signature: _____ Date: _____

Name: Signature: _____ Date: _____

Name: Signature: _____ Date: _____

Name: Signature: _____ Date: _____

Name: Signature: _____ Date: _____

Name: Signature: _____ Date: _____

Name: Signature: _____ Date: _____

Name: Signature: _____ Date: _____

Name: Signature: _____ Date: _____

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Lampiran 2. Penilaian risiko harian (daily risk assessment)

Dokumen Penilaian Risiko Harian

Pelaksanaan kegiatan

Tanggal/waktu	Tim leader (nama dan sertifikat)	Telepon/VHF-channel
Lokasi penyelaman		

Pelaksana kegiatan

Kontak darat:		HP:
Diver 1 (nama dan sertifikat)	Diver 2 (nama dan sertifikat)	Diver 3 (nama dan sertifikat)
Diver 4 (nama dan sertifikat)	Diver 5 (nama dan sertifikat)	Diver 6 (nama dan sertifikat)
Kapal:	Kapten kapal:	HP:
Kontak dengan organisasi terkait (<i>coast guard</i> , SAR, dan lainnya) 112 <i>emergency number</i> dan <i>channel</i> 16 VHF		

Rencana penyelaman

Kedalaman:	Waktu maksimal:	Suhu air:
Tipe alat pernapasan	Diver 1 Diver 2	Diver 3 Diver 4
Stasiun pengisian tabung	Diver 1 Diver 2	Diver 3 Diver 4
Tipe pakaian/pakaian lain yang digunakan	Diver 1 Diver 2	Diver 3 Diver 4
Tabel/ <i>dive computer</i> :	Gas pernapasan yang digunakan: Udara (21% O ₂)	Komunikasi via: HP
Tekanan tabung:		

Deskripsi penugasan penyelaman

Kegiatan secara umum:

Checklist

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Bendera selam | <input type="checkbox"/> <i>Rescue net</i> |
| <input type="checkbox"/> Tangga naik | <input type="checkbox"/> Rencana darurat |
| <input type="checkbox"/> <i>Oxybox</i> | <input type="checkbox"/> Air minum |
| <input type="checkbox"/> Material <i>first aid</i> | <input type="checkbox"/> Baju hangat/selimut |
| <input type="checkbox"/> Alat untuk memanggil penyelam | <input type="checkbox"/> <i>Dive tables</i> |
| <input type="checkbox"/> HP | <input type="checkbox"/> <i>Emergency line</i> |
| <input type="checkbox"/> VHF dan <i>walkie talkie</i> | <input type="checkbox"/> Peralatan penelitian |
| <input type="checkbox"/> <i>Buddy line</i> | <input type="checkbox"/> Tangki ekstra |
| <input type="checkbox"/> <i>Life line</i> | <input type="checkbox"/> ... |
| | <input type="checkbox"/> ... |

Risk assessment

Risiko yang dapat muncul berhubungan dengan aktivitas penyelaman ilmiah: (Lihat *risk assessment* secara umum)

Lokasi penyelaman (cuaca, air, dan kondisi dasar perairan):

Tingkatan pengalaman para penyelam (**berpengalaman atau tidak**):

Pembagian tugas penelitian di antara tim penyelam:

Penggunaan BCD/*life line/buddy lines*:

Komunikasi antara *diver-diver*, *diver-dive leader*, dan penentuan sinyal darurat: *Hand signal* dan menulis di *slate*

Akses menuju titik penyelaman (kapal dan lainnya):

Posisi kapal selama penyelaman: Jangkar diturunkan dan/atau diam di pantai

Komunikasi dengan yang lain di area penyelaman:

Tugas spesifik yang didiskusikan selama <i>briefing</i> : Prosedur jika terjadi situasi darurat, pembagian tugas, dan sinyal bawah air	
Penugasan spesifik untuk prosedur penanganan situasi darurat: (Lihat <i>risk assessment</i> secara umum)	
Waktu yang ditempuh ke dermaga dengan kapal:	Waktu yang ditempuh ambulans ke RUBT (<i>decompression chamber</i>)/RS:
<i>Landing site</i> untuk keadaan darurat bagi kapal:	
Titik penjemputan ambulans untuk keadaan darurat:	

Lampiran 3. Log penyelaman harian (*daily log dive*)

Daily Log Dive

Date/time :
 Dive leader :
 Location :
 Lat/long :

No	Name	Press air in	Press air out	Time in	Time out	Total time	Max depth	Job description
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Lampiran 4. *Emergency plan* (rencana tanggap darurat)

Studi kasus:

Anda akan melakukan kegiatan pengamatan kondisi terumbu karang di Raja Ampat, Papua. Contoh *emergency plan* yang dapat Anda susun adalah sebagai berikut.

Rencana Tanggap Darurat

1. Apakah fungsi rencana tanggap darurat terjamin selama kegiatan penyelaman dilaksanakan? Ya, rencana tanggap darurat berfungsi dan dipastikan berjalan sesuai prosedur selama seluruh kegiatan penyelaman berlangsung.
2. Berikan penjelasan rinci tentang rencana tanggap darurat, meliputi penjelasan langkah demi langkah tentang mobilisasi terhadap penyelam yang mengalami situasi darurat dengan aman dari dasar laut ke permukaan, lalu ke kapal atau ke pantai, hingga ke fasilitas medis!

Penjelasan langkah demi langkah yang terperinci dapat dilihat di bawah ini.

- Langkah 1

Membawa penyelam ke permukaan dengan dibantu oleh penyelam keselamatan (selalu siaga di kapal, dengan waktu respons ~ 1 menit).

- Langkah 2
Memasukkan penyelam ke dalam perahu, baik melalui jaring penyelamat maupun dengan menarik penyelam ke dalam perahu (semua orang di atas kapal akan membantu mengangkat penyelam yang cedera ke dalam perahu).
 - Langkah 3
Periksa gejala, berikan pertolongan pertama, CPR, dan berikan O2 jika perlu (*oxybox* dan kotak P3K tersedia di kapal). *Dive leader* harus memastikan adanya ruang di kapal untuk melaksanakan prosedur atau memberi tahu awak kapal bahwa mereka akan melaksanakan prosedur yang disebutkan di atas atau di darat.
 - Langkah 4
Jika perlu, paramedis akan diberi tahu dengan menelepon 112 dan meminta mereka untuk bertemu di dermaga Pelabuhan Sorong (ETR 15 menit).
 - Langkah 5
Bawa penyelam ke ruang bertekanan/*chamber* terdekat, seperti rumah sakit umum daerah (RSUD) Sorong (ETR 45 menit)
3. Jelaskan tugas dan peranan anggota tim, penyelam siaga, *dive leader*, dan kapten kapal saat terjadi situasi darurat! (Tugas yang diberikan bervariasi tergantung penugasan yang diberikan oleh *dive leader* saat *briefing*)
- a. Tugas *dive leader*
 - Membatalkan kegiatan saat terjadi situasi darurat yang memerlukan penanganan serius.
 - Menjaga komunikasi dengan tim SAR dan/atau tim paramedis.

- Menghubungi *dive officer* atau pimpinan institusi dan melaporkan situasi darurat yang terjadi
- b. Tugas *standby diver* atau *safety diver*
- Segera mengangkat atau mengevakuasi penyelam yang mengalami situasi darurat.
 - Memosisikan penyelam tersebut dalam kondisi atau lingkungan yang aman.
 - Memberikan pertolongan yang dibutuhkan sesuai dengan kondisi korban (misalnya, memberikan pengobatan jika korban terluka ataupun CPR jika korban tidak sadarkan diri dan tidak bernapas).
- c. Tugas *diver 1*
- Melakukan panggilan darurat ke pihak medis dan/atau ke pihak SAR.
 - Secara bergantian melakukan CPR dengan *standby diver* setiap 5 kali siklus kompresi hingga tim evakuasi dan/atau tim medis tiba di lokasi.
- d. Tugas *diver 2*
- Mencatat dan mendokumentasikan situasi darurat yang terjadi.
 - Menjemput mobil ambulans saat datang ke area lokasi.
4. Jelaskan jarak yang harus ditempuh dari lokasi penyelaman hingga perjalanan saat di perahu, atau dari lokasi penyelaman ke pintu masuk pantai, serta akses ambulans!
- Dari lokasi kegiatan penyelaman ke perahu sekitar 50 m.
 - Dari titik perahu menuju dermaga terdekat sekitar 750 m.
 - Dari dermaga menuju tempat penjemputan (akses) ambulans sekitar 150 m.
 - Dari akses ambulans menuju rumah sakit sekitar 2,5 km.

Lampiran 5. Nomor kontak penting/ darurat di Papua Barat

Nomor-nomor penting yang berkaitan dengan kelancaran kegiatan penyelaman disajikan di bawah ini. Nomor penting tersebut dicetak pada kertas yang dilaminasi, ditempatkan di tempat yang mudah dijangkau, dan dilihat serta dekat dengan telepon seluler yang tidak terkunci serta memiliki pulsa. Nomor-nomor darurat tersebut sebaiknya ditelpon terlebih dahulu untuk memastikan nomor tersebut aktif dan dapat merespons panggilan darurat, sekaligus menyampaikan bahwa ada kegiatan penyelaman yang sedang berlangsung. Berikut nomor kontak penting/darurat di Papua Barat.

- SAR Sorong: 0951-3102316, 0951-323816
- Mako Lantamal XIV Sorong: 0971-321789/0951-3170338
- Polda Papua Barat: 0986-211253
- Ditpolair Polda Papua Barat: 085243469475
- Dinas Kesehatan Kota Sorong: (0986) 212817
- Palang Merah Indonesia (PMI): 021-4207051
- Ambulans Gawat Darurat: 118 dan 119
- RSUD Sorong: 0951321850 (RS rujukan Covid-19)
- RSUD Manokwari: 0986-215133/211440 (rumah sakit rujukan Covid-19)
- Kontak darat 1: The Belagri Hotel Puncak Arfak Ms. Michiko (+62811488760)
- Kontak darat 2: Grand Komodo Mrs. Tian (+6281338683683)

DAFTAR ISTILAH

Advance diver: Tingkat kedua dari pendidikan menyelam.

Alat komunikasi: Alat atau sarana yang digunakan untuk menyampaikan pesan dari komunikator kepada komunikan atau penerima pesan.

Alternate air source (octopus): Alat yang berbentuk sama seperti sebuah *second stage* dan digunakan pada keadaan darurat untuk menolong penyelam lain yang sudah kekurangan udara atau kehabisan udara dalam tangkinya. Sebuah *alternate air source* biasanya berwarna kuning, untuk membedakannya dengan *primary second stage/second stage*.

ArcGIS: Paket perangkat lunak yang terdiri dari produk perangkat lunak sistem informasi geografis yang diproduksi oleh Esri.

Arkeologi: Ilmu yang mempelajari kebudayaan masa lalu melalui kajian sistematis atas data bendawi yang ditinggalkan.

Biologi kelautan: Ilmu yang mempelajari kehidupan organisme di laut meliputi tingkah laku beserta interaksinya dengan lingkungan.

Bottom time (BT): Total waktu seorang penyelam berada di bawah air.

Briefing: Pertemuan singkat untuk menyampaikan informasi atau instruksi yang lebih detail.

Buddy line: Tali pengikat yang secara fisik mengikat dua penyelam bersama-sama di bawah air untuk menghindari pemisahan dalam kondisi visibilitas rendah.

Buddy system: Sistem berpasangan yang diterapkan dalam kegiatan penyelaman yang berguna untuk mencegah terjadinya risiko.

Buoyancy: Gaya apung di air.

Buoyancy compensator device (BCD): Salah satu bagian dari peralatan selam yang digunakan oleh penyelam untuk mengatur dan mengontrol daya apung sehingga memungkinkan penyelam untuk mendapatkan kondisi terapung yang sempurna (*neutral buoyancy*).

Cardiopulmonary resuscitation (CPR): Pemijatan jantung untuk memompakan darah dan memberikan rangsangan pernapasan.

Controlled ascending rate: Kecepatan naik ke permukaan yang terkendali.

Cryptic: Tersembunyi di antara yang lainnya.

Cutting tools: Alat pemotong untuk digunakan di bawah air.

Decompression sickness/penyakit dekompresi: Penyakit pada penyelaman yang disebabkan perubahan tekanan yang cepat sehingga nitrogen yang terlarut dalam cairan di jaringan tubuh berubah menjadi gelembung gas. Hal itu mengakibatkan penyumbatan pada pembuluh darah.

Decompression stop: Jeda dalam pendakian penyelam yang dibuat untuk memungkinkan tubuh mengeluarkan gas terlarut dalam darah. Tanpa penghentian dekompresi, gas-gas ini akan mengembang, berubah menjadi gelembung, dan menyebabkan penyakit dekompresi.

DGUV (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V) R-2112:

Peraturan untuk kesehatan dan keselamatan pada kegiatan kerja penyelaman ilmiah di Jerman.

Dive computer: Komputer selam untuk mengetahui kedalaman dan waktu penyelaman yang menginformasikan batas penyelam tidak terkena dekompresi.

Dive leader: Pemimpin penyelam ilmiah yang telah melakukan penyelaman ilmiah minimal 30 kali bertugas mengawasi dan menolong penyelam pada kegiatan penyelaman ilmiah biologi laut.

Dive plan: Proses perencanaan operasi penyelaman bawah air yang bertujuan agar penyelaman dapat berjalan dengan aman dan mencapai tujuan.

Dive supervisor/dive officer: Seorang yang ditugaskan untuk bertanggung jawab meninjau kelayakan suatu kegiatan penyelaman yang memiliki kemampuan teori penyelaman dan memiliki pengalaman dengan minimum 100 kali kegiatan penyelaman ilmiah dengan sedikitnya 60 jam total penyelaman.

Diver flag: Bendera selam untuk menginformasikan sedang ada kegiatan penyelaman.

Ekualisasi: Penyesuaian tekanan pada rongga telinga saat turun dari permukaan air.

ESD (European Scientific Diver): Penyelam yang mampu bertindak sebagai anggota tim penyelaman ilmiah melalui pelatihan di lapangan dan pengalaman di bawah pengawasan panel European Scientific Diver.

ETR (Estimated time required): Waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak tertentu.

First aid kit atau kotak pertolongan pertama: Sebuah tempat atau wadah yang berisi alat-alat pertolongan pertama yang dapat digunakan saat terjadi keadaan darurat atau cedera pada seseorang dan untuk mencegah terjadinya tingkat keparahan cedera yang lebih tinggi.

Geologi: Salah satu cabang ilmu kebumihan yang mempelajari tentang bumi dan segala isi di dalamnya.

Hidrostatik: Tekanan yang diakibatkan oleh gaya yang ada pada zat cair terhadap suatu luas bidang tekan pada kedalaman tertentu.

Jurnalistik bawah air: Kegiatan menghimpun berita, mencari fakta, dan melaporkan peristiwa dari bawah air.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3): Bidang yang terkait dengan kesehatan, keselamatan, dan kesejahteraan manusia yang bekerja pada suatu kegiatan atau institusi.

Koloni: Sekumpulan mikroorganisme yang memiliki kesamaan sifat, seperti bentuk, susunan, permukaan, dan sebagainya.

Limnologi: Cabang ilmu biologi yang mempelajari perairan darat.

Marking buoy atau surface marking buoy: Pelampung penanda di permukaan air.

Material transfer agreement (MTA): Instrumen hukum yang mengatur persyaratan untuk transfer materi biologis berwujud di antara dua pihak atau lebih.

Mekanisme quick release: Sistem mekanisme untuk membuka atau menutup sebuah sistem pengunci dengan cepat dan tanpa alat karena memiliki mekanisme jepit untuk mengunci sebuah komponen.

- Occupational diver atau penyelam pekerja:** Penyelam yang mendapatkan upah untuk pekerjaan mereka.
- Oseanografi atau oseanologi atau ilmu kelautan:** Cabang ilmu bumi yang mempelajari samudera atau lautan.
- Oxygen kit:** Set unit oksigen yang disiapkan untuk respons terhadap situasi darurat pada penyelam.
- Pekerjaan teknik bawah air:** Pekerjaan yang berhubungan dengan instalasi, konstruksi, atau kapal yang dilakukan di bawah air dan/atau pekerjaan di bawah air yang bersifat khusus, yaitu penggunaan peralatan bawah air yang dioperasikan dari permukaan air.
- Penyelam ilmiah:** Penyelam yang telah mengikuti pelatihan dan sertifikasi kompetensi bidang penyelaman ilmiah biologi laut.
- Penyelam ilmiah tamu:** Penyelam ilmiah dari luar negeri yang harus mengikuti penyetaraan sertifikat kompetensi mengikuti Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) melalui uji kompetensi.
- Penyelaman ilmiah:** Kegiatan penyelaman oleh para penyelam ilmiah menggunakan metode dan alat tertentu berdasarkan tujuan penelitian.
- Penyelaman repetisi (*repetitive dive*):** Penyelaman yang dilakukan sebelum pelepasan gas nitrogen selesai.
- Pusat Riset Oseanografi (PRO):** Salah satu pusat riset di bawah Organisasi Riset Kebumihan dan Kemaritiman, Badan Riset dan Inovasi Nasional.
- QGIS:** Aplikasi sistem informasi geografis desktop sumber terbuka dan bebas lintas platform yang menyediakan tampilan, penyuntingan, dan analisis data.

Rencana penanganan darurat atau *rescue chain*: Serangkaian rencana kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi bencana secara terorganisasi menggunakan langkah-langkah yang tepat.

***Rescue tube* atau *rescue buoy* atau *torpedo buoy*:** Salah satu peralatan yang digunakan dalam penyelamatan dalam air. Perangkat flotasi ini dapat membantu menopang berat badan korban dan penyelamat untuk mempermudah proses penyelamatan.

***Residual nitrogen time (RNT)*:** Perhitungan matematis dari jumlah nitrogen yang diserap oleh jaringan tubuh setelah menyelam yang dinyatakan dalam menit di tabel selam.

***Risk assessment*:** Proses untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan menganalisis apa yang dapat terjadi jika kemungkinan bahaya benar-benar terjadi.

Ruang udara bertekanan tinggi (RUBT)/*Decompression chamber*: Ruang bertekanan yang berfungsi untuk penyembuhan dan terapi akibat terkena penyakit dekompresi.

***Safety diver/standby diver*:** Penyelam penolong yang telah melakukan penyelaman ilmiah minimal 30 kali bertugas mengawasi dan menolong penyelam pada kegiatan penyelaman ilmiah biologi laut.

***Safety line*:** Salah satu peralatan menyelam yang digunakan oleh penyelam SCUBA sebagai sarana untuk kembali ke titik awal yang aman dalam kondisi visibilitas rendah, arus air, atau pada situasi pemanduan sulit.

***Safety stop*:** Prosedur penyelaman standar yang dilakukan untuk setiap penyelaman di bawah 10 meter (32 kaki) selama 3 hingga 5 menit pada kedalaman 5–6 meter (15–20

kaki) yang memungkinkan tubuh penyelam untuk melakukan dekompresi setelah waktu yang dihabiskan pada kedalaman.

SAR (*search and rescue*): Usaha untuk melakukan pencarian, pertolongan, dan penyelamatan terhadap keadaan darurat yang dialami, baik manusia maupun harta benda yang berharga lainnya.

SCUBA (*self-contained underwater breathing apparatus*): Alat bantu pernapasan yang dibawa langsung oleh seorang penyelam.

***Second stage/primary second stage*:** Bagian dari regulator yang digunakan oleh penyelam untuk menghirup udara melalui mulut.

***Sediment core*:** Teknik yang digunakan dalam eksplorasi dan pencarian bawah tanah atau bawah laut, berisi potongan lapisan bawah permukaan dasar laut berbentuk silinder kasar yang diambil dengan bor khusus, dan dibawa ke permukaan untuk diperiksa.

***Sediment grab*:** Alat untuk pengambilan sampel lumpur atau biota kecil sedimen, laut, danau, sungai, sumur dan lain-lain.

Senter selam: Salah satu instrumen yang berfungsi untuk penerangan di dalam air, baik itu air tawar ataupun laut

***Ship grounding atau ship stranding*:** Peristiwa pendaratan kapal atau kapal terdampar yang terjadi ketika kapal laut kandas atau melakukan kontak dengan dasar badan air.

SKKNI Penyelaman Ilmiah Biologi Laut: Rumusan kemampuan kerja yang mencakup aspek pengetahuan, keterampilan, dan/atau keahlian serta sikap kerja yang relevan dengan pelaksanaan tugas dan syarat jabatan penyelam ilmiah biologi laut.

Stasioner: Tetap; tidak berubah; ajek (tentang jumlah, nilai, ukuran, posisi, dsb).

Stratifikasi habitat: Pengelompokkan habitat.

Submersible pressure gauge (SPG): Salah satu bagian dari peralatan selam yang digunakan oleh penyelam untuk mengukur dan menunjukkan jumlah tekanan udara yang tersisa di tangki udara.

Surface interval (SI): Lamanya waktu istirahat yang dilakukan sebelum melakukan penyelaman selanjutnya di hari yang sama.

Throwing bag: Peralatan penyelamatan standar menggunakan seutas tali yang dijejalkan secara longgar ke dalam tas sehingga dapat dikeluarkan melalui bagian atas dengan mudah saat tas di lempar ke penyelam yang mengalami situasi darurat.

Transek: Garis atau jalur sempit untuk keperluan penelitian persebaran, keberadaan makhluk di sepanjang suatu daerah atau percobaan, dan pengamatan lain.

Underwater photo transect (UPT): Salah satu metode pengamatan kesehatan terumbu karang. Metode ini memanfaatkan teknologi kamera digital dan juga perangkat lunak (*software*) komputer.

Visibility: Jarak pandang dalam air.

INDEKS

A

Advance diver ix
Alternate air source ix, 10
ArcGIS ix, 47

B

Biologi kelautan ix
Bottom time (BT) ix, 31
Buddy system x
Buoyancy x, 10, 48
Buoyancy compensator device
(BCD) x, 10

C

Cardiopulmonary resuscitation
(CPR) x, 6
Controlled ascending rate x
Cryptic x

D

Decompression chamber xiv, 68
Decompression sickness x, 12
Decompression stop x, 12
Dive computer xi, 11, 66
Dive leader xi, 12, 16, 17, 19, 21, 23, 24,
25, 28, 31, 55, 56, 60, 63, 64,
67, 68, 70
Dive officer xi, 6, 7, 16, 17, 64, 71
Dive plan xi, 6, 23
Diver flag xi, 12

E

Ekualisasi xi
ESD (European Scientific Diver) xi
ETR (Estimated time required) xi

F

First aid kit xii, 11, 12

H

Hidrostatik xii, 10

K

Keselamatan dan Kesehatan Kerja
xii, 5, 15, 17
Koloni xii, 35
Kompetensi xii, xvii, 3, 6, 20, 29

L

Limnologi xii, 2

M

Marking buoy xii, 12
Material transfer agreement (MTA)
xii, 3

O

Occupational diver xiii, 3
Octopus ix, 10
Oseanografi i, iii, iv, xiii, xvii, 2, 54
Oxygen kit xiii, 12

P

Penelitian xii, xvi, xvii, xviii, 2, 3, 4, 6, 15, 16, 18, 19, 29, 33, 37, 54, 56, 58, 67

Penyelaman i, iii, iv, v, vii, x, xi, xiii, xiv, xv, xvi, xvii, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 43, 47, 48, 49, 50, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 69, 71, 72

Penyelaman ilmiah i, iii, iv, v, vii, xi, xiii, xiv, xv, xvii, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 15, 16, 17, 27, 28, 29, 31, 33, 49, 50, 54, 55, 58, 67

Penyelaman repetisi (repetitive dive) xiii

Q

QGIS xiii, 47

R

Rescue buoy xiv

Rescue chain xiv, 20

Residual nitrogen time (RNT) xiv

Risk assessment v, xiv, 16, 17, 20, 55, 67, 68

S

Safety diver/standby diver xiv, 50, 71

Safety line xiv, 12

Safety stop xiv, 30

SAR (search and rescue) xv

SCUBA xiv, xv, 10, 39, 49, 52, 53

Second stage ix, xv, 10

Sediment core xv, 49, 50

Sediment grab xv, 49, 50

Senter selam xv, 12

Ship grounding xv, xvii

SKKNI xiii, xv, xvii, 3, 6, 29, 54

Stasioner xvi, 36

Stratifikasi habitat xvi, 30

Submersible pressure gauge (SPG) xvi, 10

Surface interval (SI) xvi

T

Throwing bag xvi, 12

Transek vi, vii, xvi, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 57, 61

U

Underwater photo transect (UPT) xvi, 34

V

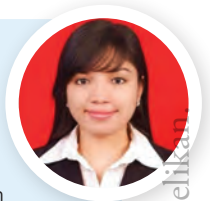
Visibility xvi, 19, 48

BIOGRAFI PENULIS

Rikoh Manogar Siringoringo, S.T., M.Si. Ia adalah peneliti di bidang ekologi terumbu karang di Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRO-BRIN). Ia menyelesaikan pendidikan magister (S-2) di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2009 dan bergabung dalam Kelompok Riset Kesehatan Ekosistem Laut hingga sekarang. Pada tahun 2014, ia menjadi instruktur selam jenjang Two Star-CMAS. Kemudian, pada tahun 2016, ia mengikuti pelatihan dan sertifikasi ESD (European Scientific Diving) di Jerman dan Swedia. Penulis terlibat dalam kegiatan COREMAP-CTI sejak tahun 2005 dan menjadi koordinator kegiatan Reef Health Monitoring wilayah ADB (Indonesia bagian Barat) sejak tahun 2015 hingga 2017. Pada tahun 2005 hingga 2021, penulis aktif dalam kegiatan penelitian monitoring terumbu karang di wilayah COREMAP-CTI. Pada tahun 2020, penulis juga menjadi koordinator kegiatan survei penentuan lokasi ICRG (Indonesian Coral Reef Garden) di Nusa Dua Bali. Penulis dapat dihubungi melalui surel: riko001@brin.go.id



Ni Wayan Purnama Sari, S.Si, M.Si. Ia adalah salah satu peneliti ekologi terumbu karang di Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRO-BRIN). Ia menyelesaikan pendidikan sarjana (S-1) dan magister (S-2) di Universitas Airlangga Surabaya pada tahun 2004 dan 2012. Ia memulai kegiatan penyelaman pada tahun 2009 dan mencapai jenjang *rescue diver* pada tahun 2016. Pada tahun yang sama, penulis juga mengikuti Scientific Diving Training Program yang diadakan oleh LIPI dan ZMT Bremen di Bali. Penulis terlibat dalam kegiatan COREMAP-CTI sejak tahun 2014 dan telah beberapa kali menjadi koordinator kegiatan Reef Health Monitoring sejak tahun 2016 hingga tahun 2021. Penulis juga merupakan salah satu pelatih (*trainer*) dan sekaligus asesor kompetensi untuk Sertifikasi Kompetensi Penilai Kondisi Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait di Pusbangkam BRIN dan LSP BRIN. Selain itu, penulis juga aktif di kegiatan CITES untuk bidang karang hias dan juga bertindak sebagai auditor penangkaran karang hias di Indonesia. Penulis dapat dihubungi melalui surel: niwa006@brin.go.id atau nwp.sariayu@gmail.com





Dr. Giyanto, S.Si., M.Sc. Ia adalah salah satu peneliti di Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRO-BRIN). Ia menyelesaikan pendidikan program doktor (S-3) di Program Studi Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun 2010. Keterlibatannya dalam kegiatan penelitian terumbu karang, membuat ia banyak melakukan penyelaman di banyak perairan Indonesia, mulai dari Aceh hingga Papua. Penulis mulai terlibat aktif dalam kegiatan monitoring kesehatan terumbu karang COREMAP setelah menyelesaikan pendidikan program master (S-2) di Vrije Universiteit Brussel pada akhir tahun 2000. Penulis dapat dihubungi melalui surel: giya002@brin.go.id



Muhammad Abrar, S.Si., M.Si. Ia adalah peneliti di Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRO-BRIN). Ia menyelesaikan program magister (S-2) di Program Studi Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor pada tahun 2011. Saat ini, ia menjadi kandidat doktor (S-3) di Program Studi Ilmu Kelautan, IPB University. Ia menjadi anggota Kelompok Riset Kesehatan Ekosistem Terumbu Karang PRO-BRIN hingga sekarang. Penulis memiliki keahlian penyelaman ilmiah jenjang selam Four Star (A4-Dive Master) POSSI-CMAS. Penulis mengoordinasi beberapa kegiatan riset bawah air, antara lain program monitoring kondisi terumbu karang Indonesia, COREMAP-CTI (periode 1997–2021), dan riset bioekologi terumbu karang (periode tahun 2000 hingga sekarang). Selain itu, penulis juga merupakan Ketua Tim Perumus SKKNI Penilaian Kondisi Terumbu Karang dan Sekretaris Tim Perumus SKKNI Penyelaman Ilmiah Bidang Biologi Laut. Dalam bidang kepenulisan, ia telah menulis buku dan modul pelatihan penyelaman ilmiah (*scientific diving*) bidang biologi laut. Penulis dapat dihubungi melalui surel: abrarcoral@gmail.com dan muha058@brin.go.id

Kunto Wibowo, S.Si., M.Fish.Sc., Ph.D. Ia adalah peneliti bidang iktiologi di Pusat Riset Biosistemika dan Evolusi, BRIN. Ia menyelesaikan program doktor (S-3) di The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University, Jepang. Ia memperoleh pengetahuan dan keahlian bidang penyelaman dari keikutsertaannya dalam Scientific Diving Training Program pada tahun 2014 yang diadakan oleh LIPI dan ZMT Bremen, Jerman di Bali. Selain itu, penulis juga merupakan pemegang sertifikat A3-Three Star Scuba Diver CMAS. Penulis aktif melakukan penyelaman untuk mengungkap keanekaragaman ikan dan mengetahui status kondisi ikan karang dalam kaitannya dengan penilaian kesehatan ekosistem terumbu karang di Indonesia. Penulis dapat dihubungi melalui surel: kunt003@brin.go.id



Dr. Eng. Puji Rahmadi. Ia adalah peneliti di bidang *ecological engineering* dan *ecosystem valuation* di Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRO-BRIN). Ia menyelesaikan pendidikan sarjana (S-1) pada tahun 2005 di Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Kemudian, ia memperoleh gelar master (S-2) pada tahun 2010 dan gelar doktor (S-3) pada tahun 2013 di PKNU, Korea Selatan. Penulis telah berkarier di bidang kelautan dan perikanan selama lebih dari sepuluh tahun. Sebelum bergabung di LIPI pada tahun 2018, penulis telah berkarier di institusi pendidikan dan perusahaan swasta, antara lain sebagai dosen di Program Studi Pendidikan Teknik Kelautan, Universitas Pendidikan Indonesia (UPI); staf pengajar di Program Studi Perikanan, Universitas Djuanda (UNIDA); Manajer R&D di PT Charoen Phokpan; dan MSC Technical Reviewer di PT PCU Indonesia. Saat ini, penulis menjabat sebagai Ketua Kelompok Riset Sistem Ekologi Pesisir di Pusat Riset Oseanografi BRIN. Penulis dapat dihubungi melalui surel: puji011@brin.go.id



Buku ini tidak diperjualbelikan.



Oksto Ridho Sianturi, S. Kel. Ia adalah salah satu peneliti di Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRO-BRIN) di bidang plankton laut. Ia menjalani pendidikan sarjana (S-1) di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro dalam Program Studi Oseanografi pada tahun 2013. Penulis mulai menekuni kegiatan penyelaman pada saat bergabung dengan klub selam UKSA-387 UNDIP. Penulis terlibat dalam beberapa kegiatan penyelaman ekspedisi dan penelitian, serta mengikuti pelatihan selam ilmiah di PMBC, Phuket, Thailand. Penulis menjadi peneliti di LIPI sejak tahun 2015 dan akan menempuh pendidikan di Universitas Bremen dalam bidang biologi laut. Penulis dapat dihubungi melalui surel: okst001@brin.go.id



Irfan Kampono, S.T., M.M.Tr. Ia adalah perekayasa di Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRO-BRIN). Pendidikan sarjana (S-1) diperoleh dari Program Studi Teknik Mesin, Universitas Darussalam Ambon. Kemudian, program magister (S-2) diperoleh dari Program Studi Manajemen Transportasi Laut di Institut Transportasi dan Logistik (ITL) Trisakti pada tahun 2017. Penulis terlibat dalam kegiatan proyek Coral Reef Rehabilitation and Management Program (COREMAP-CTI) pada fase III. Pada tahun 2018–2022, penulis bertanggung jawab sebagai Ketua Tim Environmental Social and Safeguard COREMAP-CTI. Penulis terlibat langsung dalam pemantauan kegiatan Safeguard Monitoring Kesehatan Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait serta rehabilitasi taman karang, mangrove, dan padang lamun. Penulis dapat dihubungi melalui surel: irfa005@brin.go.id

Dr. Ir. Munasik, M.Sc. Ia menyelesaikan pendidikan sarjana (S-1) di Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro pada tahun 1992. Gelar Master of Science (S-2) didapatkannya dari Graduate School of Science, University of the Ryukyus, Okinawa, Jepang, pada 1999. Kemudian, pada tahun 2008, ia menyelesaikan program doktor (S-3) di Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Sejak tahun 1993, ia tercatat sebagai staf pengajar di Departemen Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Ia mengajar pada mata kuliah Selam Keahlian, Koralogi, dan Konservasi Sumber Daya Laut di program sarjana dan pascasarjana, serta mengajar di Program Studi Perikanan, Universitas Gadjah Mada untuk mata kuliah Konservasi Sumber daya Perikanan sejak tahun 2009. Penulis aktif mengikuti Reef Check Indonesia (1997–2019) dan menjadi anggota Poster (Kelompok Studi Terumbu Karang Indonesia) sejak tahun 1995. Penulis terlibat dalam kegiatan Reef Health Monitoring di Lampung Selatan, Sikka (NTT), dan Karimunjawa, Jawa Tengah (COREMAP-CTI, 2016–2021). Penulis juga menjadi asesor kompetensi di LSP PRO-BRIN. Saat ini, penulis tercatat sebagai Deputy of Scientific Diving di Association of Diving School International (ADSI) Indonesia dan menjadi pembina Marine Diving Club (MDC), Universitas Diponegoro. Penulis dapat dihubungi melalui surel: munasik@lecturer.undip.ac.id



Dr. Beginer Subhan. Ia adalah dosen di Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan (ITK), Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK), Institut Pertanian Bogor sejak tahun 2005. Peneliti terumbu karang dari IPB University ini menyelesaikan studi program doktor (S-3) di Program Studi Ilmu Kelautan (IKL), IPB University. Ia merupakan pendiri dan Kepala Laboratorium Selam Ilmiah di IPB hingga saat ini. Selain menjadi pengajar, penulis juga memiliki beberapa kompetensi tambahan, antara lain instruktur selam, asesor kompetensi untuk Sertifikasi Kompetensi Penilai Kondisi Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait (LSP PRO-BRIN) dan instruktur Coral Finder Trainer. Aktivitas penelitian yang dilakukan, antara lain terkait dengan ekologi laut, restorasi terumbu karang, genetika kelautan (*barcoding*, genetika populasi, dan eDNA), dan bioprospeksi organisme laut. Penulis memiliki dua paten terkait dengan metode restorasi terumbu karang. Penulis dapat dihubungi melalui surel: beginersubhan@apps.ipb.ac.id



Buku ini tidak diperjualbelikan.



Muhammad Hafizt, S.Si., M.Sc. Ia adalah salah satu peneliti di Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRO-BRIN). Pendidikan sarjana (S-1) dan magister (S-2) diperoleh dari Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, di Program Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh pada tahun 2013 dan 2015. Selanjutnya, ia bergabung di LIPI pada tahun 2015 dan saat ini, ia menjabat sebagai Kepala Kelompok Riset Ekologi Spasial di Pusat Riset Oseanografi BRIN. Penulis dapat dihubungi melalui surel: muha138@brin.go.id



Raden Sutiadi, S.Kom. Ia adalah perekayasa di Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRO-BRIN), dengan kepakaran di bidang IT. Ia bergabung dalam proyek Coral Reef Rehabilitation and Management Program (COREMAP) sejak fase I pada tahun 2004 hingga COREMAP fase III (COREMAP-CTI) pada 2022. Penulis sering terlibat di lapangan dalam kegiatan monitoring ekosistem pesisir di beberapa lokasi COREMAP. Selain itu, penulis juga mengembangkan beberapa platform untuk sistem informasi dan *database* terumbu karang. Pada tahun 2006, penulis menjadi salah satu bagian pengurus klub selam Loligo Diving Club di P20-LIPI dan ikut mengajar dalam kegiatan sertifikasi selam untuk CPNS di Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (PRO-BRIN). Pada tahun 2021–2022, penulis terlibat dalam kegiatan *safeguard*. Ia bertugas untuk memantau tim yang sedang melakukan kegiatan pemantauan ekosistem terumbu karang. Selain itu, ia juga menjadi salah satu tim oseanografi untuk survei awal penentuan lokasi penanaman terumbu karang dalam kegiatan International Coral Reef Garden di Bali. Penulis dapat dihubungi melalui surel: rade016@brin.go.id

BUKU PANDUAN

Penyelaman Ilmiah

Biologi Laut

dan Kesehatan

Keselamatan Kerja

Bawah Air

Penyelaman ilmiah telah berlangsung selama puluhan tahun di Indonesia. Salah satu kegiatan penyelaman ilmiah, yaitu melakukan pemantauan terhadap ekosistem terumbu karang atau yang lebih dikenal dengan metodologi penilaian kondisi terumbu karang. Luasnya perairan Indonesia menjadi tantangan untuk melakukan pemantauan terumbu karang secara bersama-sama. Salah satu strategi pemantauan terumbu karang tersebut, yaitu dengan membuat simpul atau keterwakilan wilayah di berbagai daerah di Indonesia. Selanjutnya, melakukan penguatan kapasitas sumber daya manusia melalui berbagai kegiatan pelatihan dasar maupun pelatihan lanjutan. Pelatihan ini dimulai dengan pelatihan selam, setelah mendapatkan lisensi, dilanjutkan dengan materi pemantauan terumbu karang. Adapun bidang yang diajarkan, yakni bidang terumbu karang, ikan karang, dan biota bentik lainnya



Published by:

Penerbit BRIN, member of Ikapi
**Direktorat Repositori, Multimedia, dan
Penerbitan Ilmiah**
Gedung B.J. Habibie, Jln. M.H. Thamrin No. 8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id

DOI: 10.55981/brin.654



ISBN: 978-623-8052-47-9



Buku ini tidak diperjualbelikan.