

PENGANTAR SELAM ILMIAH

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

PENGANTAR SELAM ILMIAH

Abd Rasyid Jalil
Abdul Haris
Andi Iqbal Burhanuddin



PENGANTAR SELAM ILMIAH.

**Abd Rasyd Jalil
Abdul Haris
Andi Iqbal Burhanuddin**

Desain cover
Nama

Sumber
link

Tata letak :
Titis Yuliyanti

Proofreader :
Titis Yuliyanti

Ukuran :
viii, 256 hlm, Uk: 14x20 cm

ISBN :
No ISBN

Cetakan Pertama:
Februari 2019

Hak Cipta 2019, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2019 by Deepublish Publisher
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT DEEPUBLISH
(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)
Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman
Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581
Telp/Faks: (0274) 4533427
Website: www.deepublish.co.id
www.penerbitdeepublish.com
E-mail: cs@deepublish.co.id

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil alamin, dengan memanjatkan rasa syukur yang sedalam-dalamnya ke hadirat Allah SWT berkat kehendak dan ridho-Nya, sehingga setelah melalui proses yang cukup panjang, pada akhirnya keinginan penulis untuk menghadirkan buku “PENGANTAR SELAM ILMIAH” di hadapan para pembaca dapat terlaksana.

Kebutuhan akan adanya literature pengetahuan dasar dalam disiplin ilmu kelautan dan perikanan dirasa sangat penting. Mata Kuliah Selam Dasar termasuk salah satu mata kuliah dasar yang wajib bagi mahasiswa Ilmu kelautan dan perikanan dan sebagai mata kuliah inti dalam Kurikulum Nasional Bidang Perikanan dan Kelautan.

Buku yang disusun secara singkat dan sederhana ini disajikan ke dalam beberapa bab, mencoba untuk memberikan informasi mengenai dasar-dasar selam, teknik dan metodenya. Buku ini sebagian besar bersumber dari hasil pemikiran beberapa penulis terdahulu dalam bidangnya, yang kesemuanya penulis cantumkan dalam Daftar Kepustakaan.

Meski penulis telah berusaha menyajikan sebaik mungkin, di tengah-tengah keterbatasan, penulis berharap

kiranya kekurangan-kekurangan dalam buku ini bisa diperbaiki di kemudian hari berkat masukan dan kritikan dari para pembaca.

Sekali lagi, penulis merasa bersyukur bahwa buku ini dapat selesai sesuai harapan meski ada jadwal yang tertunda akibat gangguan teknis pengetikan dan sebagainya. Semua merupakan pertolongan dari Allah SWT dan bantuan berbagai pihak, terutama keluarga, mahasiswa, dan teman-teman sejawat yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dalam kesempatan ini penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada sejawat dan tim pengasuh mata kuliah dasar-dasar, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang ikut membantu tersusunnya buku ini, baik secara langsung ataupun tidak. Akhirnya, semoga sumbangan yang kecil ini dapat membantu dan bermanfaat bagi para mahasiswa, peneliti dan bagi pembaca lain yang ingin tahu lebih banyak tentang kehidupan di laut.

Makassar, Maret 2019

Penulis,

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
I. TEKNIK-TEKNIK RENANG.....	1
1.1. Sejarah Renang.....	1
1.2. Prinsip-Prinsip Belajar Renang.....	2
1.3. Prinsip-Prinsip Mekanika dalam Berenang.....	5
1.4. Gaya dan Teknik Renang.....	14
II. PERALATAN SELAM DASAR	46
2.1. Penyelaman Scuba.....	46
2.2. Peralatan Melihat dan Berenang	53
III. PERALATAN SELAM SCUBA	98
3.1. Selam SCUBA	98
3.2. Tabung Selam	99
3.3. Regulator	114
3.4. Senter Selam.....	121
3.5. Kompas.....	121
3.6. Kompresor Selam	125
IV. FISIKA PENYELAMAN	132
4.1. Satuan Tekanan.....	132
4.2. Hukum-hukum Gas	137

V. KETERAMPILAN MENYELAM (<i>DIVING SKILLS</i>)	154
5.1. Mask Clearing.....	154
5.2. Snorkel <i>Clearing</i>	158
5.3. Penggunaan Mask dan Snorkel.....	160
5.4. <i>Entry</i> ke Kedalaman Pada <i>Skin Dive</i>	161
5.5. Memasang <i>Bouyancy Compensator</i> (BC) dan Regulator.....	164
5.6. Memakai <i>Bouyancy Compensator</i> (BC)/SCUBA Set.....	169
5.7. <i>Entry</i> Ke Permukaan Air.....	173
5.8. Descent ke Kedalaman.....	177
5.9. Ascent dari Kedalaman.....	179
5.10. Penggunaan Fins pada <i>Skin Dive</i>	181
5.11. Mengembangkan BC di Permukaan	183
5.12. Daya Apung Netral (<i>Netral Bouyancy</i>)	184
5.13. Menggunakan Peralatan SCUBA di Kedalaman	186
5.14. Cara Meraih Selang <i>Mouthpiece</i> yang Terlepas	188
5.15. Mengatasi Kehabisan Udara.....	189
VI. BAROTRAUMA	203
6.1. Barotrauma Telinga.....	205
6.2. Barotrauma Sinus	217
VII. PENYAKIT DEKOMPRESI	223
7.1. Pengertian Penyakit Dekompresi.....	223

7.2. Tipe-Tipe Penyakit Dekompresi.....	225
7.3. Klasifikasi Gejala Penyakit Dekompresi	229
DAFTAR PUSTAKA.....	240
GLOSARRY	245
TENTANG PENULIS	250

I. TEKNIK-TEKNIK RENANG

1.1. Sejarah Renang

Jaman dulu renang tidak digolongkan pertandingan Olimpiade Yunani, tetapi banyak sekali perenang diantara mereka sesuai apa yang ditemukan pada legenda. Salah satu diantaranya adalah seorang pemuda yang bernama Leander. Dia jatuh cinta pada seorang imam wanita di Kuil Cinta, di Asia Minor (sekarang Turki). Malangnya keduanya tinggal pada tempat yang berbeda yang dibatasi dengan sungai yang lebar yang dikenal dengan sebutan Hellespont (sekarang adalah Dardenelles). Untuk dapat mengunjungi kekasihnya itu, Leander harus berenang sekian mil menyeberangi sungai tersebut. Pada suatu kesempatan obor yang dipasang sebagai tanda tujuan renang tertiuip oleh badai hingga padam dan Leander kehilangan arah dan akhirnya tenggelam. Kekasihnya sangat sedih dan akhirnya juga membenamkan dirinya di sungai tersebut dan meninggal. Tak ada yang tahu apakah kisah ini benar atau tidak, tetapi hal ini telah menjadi legenda Yunani Kuno yang disampaikan dari mulut ke mulut bahwa Leander adalah perenang jarak jauh yang pertama.

Berenang merupakan suatu kemahiran yang penting dalam sejarah tentara Romawi jaman dulu, mereka dilatih

berenang dengan menggunakan pakaian perang secara lengkap. Kapten romawi yang bernama Horatius dikisahkan menyeberangi sungai Tiber mengenakan pakaian lengkap.

Pertandingan renang pertama kali dilakukan di belahan dunia lain yaitu Jepang yaitu sekitar 2000 tahun yang lalu. Pada tahun 1603 berenang merupakan salah satu pelajaran wajib di sekolah-sekolah.

Berenang mulai diperkenalkan di Olimpiade pada tahun 1896 dan wanita mulai bertanding pada tahun 1912.

Agustus 1875 Kapten Matthew Webb berenang dari Dover ke Cap Griz-Nez di Perancis sehingga ia menyanggah rekor pertama sebagai perenang selat Inggris.

Jarak Selat Inggris kalau dihitung dari tempat terdekat (dari sisi ke sisi) berjarak 21 mil (33,6 km), dan ternyata banyak perenang yang menyeberanginya dengan mengambil jarak yang lebih jauh. Jarak terjauh yang pernah diseberangi oleh perenang adalah sejauh 129 mil (206 km).

1.2. Prinsip-Prinsip Belajar Renang

1.2.1. Prinsip Psikologis

Menurut Sukintoko (1983) prinsip psikologis adalah suatu prinsip yang berhubungan dengan faktor-faktor kejiwaan. Di dalam factor kejiwaan tersebut terdapat beberapa unsur yang harus ada dan harus berkembang, supaya di dalam

belajar berenang dapat menguasainya dengan baik dan cepat. Unsur tersebut adalah: unsur kesenangan, unsur keberanian, unsur percaya diri sendiri, dan unsur keuletan.

1.2.1.1. unsur kesenangan

Seseorang akan belajar berenang ada unsur senang untuk melakukan olah raga renang. Mereka akan belajar berenang karena tertarik pada olah raga tersebut. Tanpa ada rasa senang terhadap berenang, maka seseorang tidak mungkin datang ke kolam renang untuk berenang. Karena adanya rasa senang pada kegiatan berenang, maka anak tidak akan memperlakukan dinginnya air dan lamanya waktu yang terbuang untuk belajar berenang.

1.2.1.2. unsur keberanian

Unsur ini sangat penting untuk dapat belajar berenang secara efektif. Tanpa modal keberanian, seseorang sulit sekali belajar berenang. Seseorang yang penakut tidak akan berani memasukkan mukanya ke dalam air, tidak akan berani mengapung ataupun meluncur di atas permukaan air.

Untuk dapat belajar berenang dengan efektif, pupuk dan jembangkanlah rasa keberanian ini. Rasa takut akan hilang, setelah membuat rasa takut tersebut dicobanya dan ternyata tidak mengakibatkan apa-apa, maka akan hilanglah perasaan takut tadi. Setelah perasaan takut

hilang, timbullah keberanian untuk mencobanya semua yang tadinya dirasa menakutkan.

1.2.1.3. unsur percaya pada diri sendiri

Pada hakekatnya setiap orang selalu mempunyai kepercayaan pada diri sendiri untuk dapat melakukan apa saja yang dapat dilakukan oleh orang lain. Untuk dapat belajar berenang, kepercayaan pada diri sendiri sangat diperlukan. Pertolongan orang lain kepada kita hanya diperlukan selama orang belum dapat mengapung dan meluncur di atas permukaan air. Sesudah dapat mengapung dan meluncur, seseorang harus dapat melakukan sendiri kegiatan berenang tersebut.

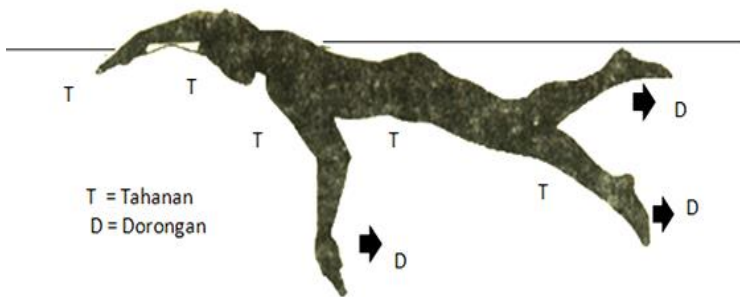
1.2.1.4. unsur keuletan

Belajar berenang tidak semudah seperti apa yang terdapat dalam teori. Untuk berani memasukkan muka ke dalam air, dapat mengapung dan meluncur di atas permukaan air saja, kadang-kadang membutuhkan waktu yang lama, 4 – 5 kali pelajaran berenang masing-masing dalam 1 jam. Untuk mengapung dan meluncur saja dibutuhkan kesabaran, keuletan, dan tidak lekas jenuh.

1.3. Prinsip-Prinsip Mekanika dalam Berenang

1.3.1. Prinsip Tahanan dan Dorongan

Menurut Sukintono (1983) setiap kecepatan maju dalam berenang adalah hasil dari dua kekuatan. Satu kekuatan cenderung untuk menahannya yang disebut tahanan atau hambatan. Hambatan ini ada disebabkan oleh air yang harus didesaknya atau harus di bawahnya serta. Kekuatan yang kedua adalah kekuatan yang mendorongnya maju disebut dorongan. Dorongan ini diperoleh oleh gerakan/tarikan tangan dan gerakan kaki (Gambar 1).



Gambar 1. Tahanan dan Dorongan

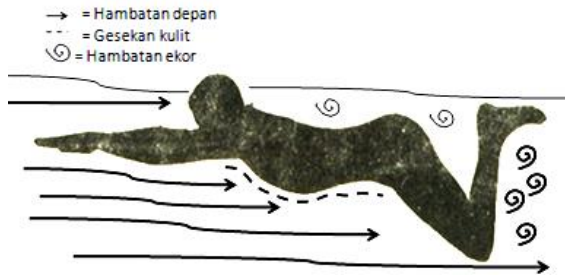
1.3.2. Prinsip Hambatan

a. Hambatan dari Depan

Hambatan dari depan (hambatan depan). Ialah hambatan terhadap gerakan maju yang ditimbulkan oleh air yang ada di depan perenang atau di depan setiap bagian badannya (Gambar 2).

b. Geseran Kulit

Geseran kulit dengan air menyebabkan hambatan air pada sisi badannya. Pada Gambar # dilukiskan oleh garis putus-putus. Jenis hambatan ini penting untuk kapal terbang, kapal laut, dan kendaraan-kendaraan dengan kecepatan tinggi. Tetapi di dalam berenang hanya mempunyai pengaruh yang kecil.

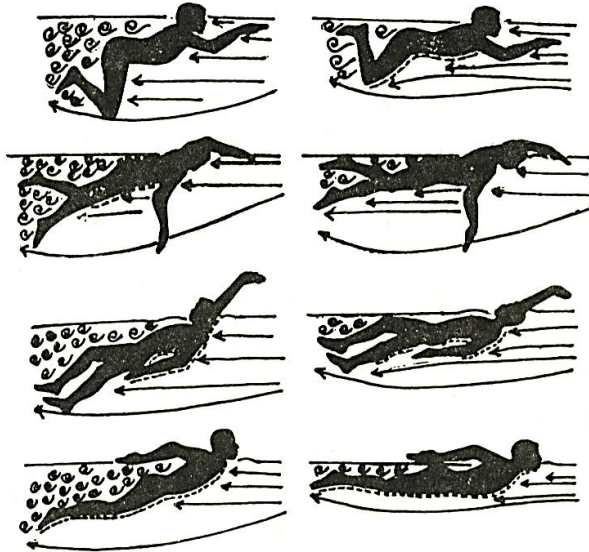


Gambar 2. Tiga Jenis Hambatan air

c. Hambatan Ekor atau Pusaran Air

Hambatan ekor disebabkan oleh air yang tak mampu mengisi bagian belakang badan yang tidak mendatar, sehingga badan harus menarik sejumlah molekul-molekul air. Dalam Gambar 2 dilukiskan dengan garis ikal. Hal yang dapat dilakukan oleh manusia untuk menghilangkan hambatan ekor dalam berenang adalah membuat sikap badan sedatar mungkin di permukaan air.

Gambar 3 di bawah ini memperlihatkan sikap badan yang tidak streamline dan yang streamline.



Gambar 3. Sikap badan yang tidak streamline (kiri) dan streamline (kanan)

1.3.3. Prinsip Dorongan

Menurut Sukintono (1983) dorongan adalah kekuatan yang mendorong perenang untuk maju, yang ditimbulkan oleh gerakan tangan dan gerakan kaki. Sebenarnya kekuatan ini ditimbulkan oleh tangan dan kaki ketika tangan dan kaki mendorong air ke belakang.

Teori berenang adalah adanya hukum aksi reaksi dari Sir Isaac Newton. Dalam hukum ini diterangkan bahwa setiap aksi mempunyai reaksi berlawanan yang

sama. Misalnya, pelari maju sebab dia mendorong tanah ke belakang dan ke bawah dengan kakinya (aksi); reaksinya pelari itu akan memperoleh dorongan maju dan ke atas dengan kekuatan yang sama. Prinsip ini juga berlaku untuk berenang.

Bila seorang perenang, seperti pada Gambar 4, bila perenang mendorong ke belakang dengan kekuatan 25 kg dengan tangannya dan 5 kg dengan kakinya, akan timbul kekuatan 30 kg yang digunakan untuk mendorongnya maju.



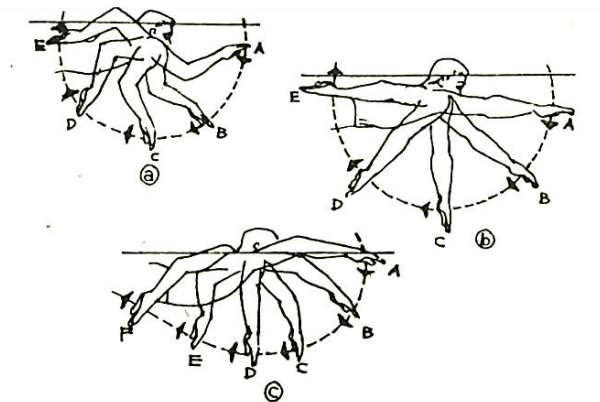
Gambar 4. Aplikasi Hukum Aksi-Reaksi dari Newton

Newton menentukan bahwa setiap aksi mempunyai reaksi berlawanan yang sama. Dengan kata lain, reaksinya tepat yang arahnya berlawanan, atau 180° dari aksinya. Bila seorang perenang menekan air langsung ke bawah, reaksinya mendorong langsung ke atas. Dengan demikian hindarilah semua gerakan-gerakan tarikan yang akibatnya tidak akan menghasilkan dorongan, atau luncuran maju ke depan. Jangan melakukan tarikan tangan ke bawah, ke atas, ke samping kanan, atau ke samping kiri. Ini tidak

akan menghasilkan gerakan/dorongan maju ke depan. Lakukanlah semua gerakan (tarikan) tangan dengan arah depan ke belakang dan mendatar.

a. Tarikan Tangan

Ada tiga jenis tarikan tangan dengan variasi-variasinya yang dapat digunakan dalam gaya crawl, kupu-kupu, dan tarikan tangan ini akan menimbulkan berbagai jumlah dorongan. Jenis tarikan itu adalah: tarikan tangan dengan siku ke bawah; tarikan tangan yang lurus, dan tarikan tangan yang betul (Gambar 5).



Gambar 8. Tarikan mempengaruhi dorongan.

- a. Tarikan tangan dengan siku ke bawah
- b. Tarikan tangan dengan lengan lurus
- c. Tarikan tangan yang betul.

Gambar 5. Jenis-Jenis Tarikan Tangan pada Saat Berenang

b. Prinsip Keteraturan dalam Penggunaan Dorongan

Prinsip ini dapat juga disebut prinsip kelangsungan gerakan. Penggunaan dorongan maju yang teratur adalah lebih efektif daripada penggunaan yang tak teratur untuk mendorong tubuh bergerak maju.

Mekanika gaya renang harus dibuat sedemikian rupa sehingga badan dapat maju dengan kecepatan seteratur mungkin. Dengan kata lain, renang berhenti dan maju harus dihindarkan. Pada gaya crawl dan gaya punggung, keteraturan gerakan dapat dilaksanakan dengan mulai menarik satu lengan sebelum, atau segera setelah lengan yang lain menyelesaikan tarikannya. Hal ini akan memberikan dorongan ke depan yang lancar dan tetap.

Pada gaya kupu-kupu, tarikan tangan dimulai hampir segera setelah kedua tangan masuk ke dalam air. Setiap peluncuran tangan ke depan yang lebih lama akan menyebabkan badan mengurangi kecepatan. Pada gaya dada, harus ada peluncuran setelah kedua tangan dirasakan di bawah dada. Hal ini bertujuan untuk memberi kesempatan dorongan hasil gerakan kaki, sehingga terjadi gerakan meluncur-berhenti dan maju.

c. Prinsip Hukum Aksi Reaksi yang Dipakai dalam Pemulihan

Pemulihan atau istirahat pada gerakan tangan dari ketiga gaya, yaitu gaya crawl, gaya punggung, dan gaya kupu-kupu dapat dilakukan di luar air, sedangkan untuk gaya dada dilakukan di dalam air. Suatu pemulihan/istirahat yang salah akan dapat memutuskan ritme pada gerakan perenang, dan menyebabkan penarikan yang salah.

Salah satu faktor yang sangat nyata di mana pemulihan yang jelek dapat merusak gaya perenang ialah penambahan hambatan frontal dan hambatan ekor. Bila pemulihan tangan dilakukan dengan gerakan persendian yang luas dengan arah yang berlawanan dengan jarum jam, reaksinya adalah gerakan dari pinggul atau kaki dengan arah yang berlawanan atau searah dengan jarum jam.

Pada gaya crawl, untuk mengurangi reaksi ke samping dari badan, dapat dilakukan dengan mengangkat siku ke atas dan membawa telapak tangan lentuk ke depan masuk ke dalam air.

d. Prinsip Pemindahan Momentum

Sangatlah mudah untuk memindahkan momentum dari satu bagian tubuh ke bagian lainnya. Prinsip ini banyak sekali digunakan dalam gerakan-gerakan renang. Momentum yang

ditimbulkan oleh lengan selama pengayunan tubuhnya dan membantunya melompat lebih jauh.

Prinsip itu juga berlaku pada saat pemulihan lengan dalam gaya crawl, gaya kupu-kupu dan gaya punggung. Dalam gaya punggung pada suatu pemulihan lengan menimbulkan momentum dalam suatu gerakan melingkar. Tepat sebelum pemulihan tangan masuk ke dalam air, lengan itu menimbulkan momentum ke arah bawah. Bila lengan itu diperlambat, gerakannya tepat sebelum masuk ke air. Momentum lengan dipindahkan ke badan dan ini mendorong bagian atas badan dan kepala ke arah bawah.

Untuk menghindarkan gerakan ke atas dan ke bawah ini, perenang gaya punggung harus membiarkan lengannya terus masuk ke air dengan momentum yang akan menghancurkan sebagian besar dari momentum ini.

e. Prinsip Hukum Kuadrat Teoritis

Hambatan badan yang timbul dalam air berubah kira-kira menurut kuadrat dari kecepatannya. Suatu penggunaan langsung dan praktis dari hukum ini adalah dalam renang ialah dalam kecepatan masuknya pemulihan lengan dalam air.

Bila seorang perenang melemparkan tangannya masuk ke air 2 kali kecepatan sebelumnya. Ini akan

menimbulkan hambatan maju sebanyak 4 kali. Karena itu, pemulihan yang terburu-buru. Tidak hanya mengganggu ritme, tetapi juga akan menambah hambatan untuk maju, jadi cenderung untuk mengerem perenang dan memperlambat renangnya. Kecepatan pemulihan lengan harus sesuai dengan kecepatan tangan pada waktu menarik.

Bila seorang perenang menarik tangannya dalam air dengan kecepatan 2 kali, ini akan menimbulkan dorongan maju sebanyak 4 kali, bila ia menggunakan mekanika gaya yang sama. Merupakan hukum fisiologis bahwa keluarnya tenaga dari suatu otot kira-kira pangkat 3 dari kontraksi otot, artinya bila kecepatan tarikan tangan 2 kali, tenaga yang dibutuhkan menjadi 8 kali. Jadi walaupun tarikan tangan yang lebih cepat memang menambah dorongan maju, tetapi juga secara tidak sebanding menambah kebutuhan tenaga dan konsumsi oksigen. Ini menjelaskan mengapa perenang yang memutar lengannya dengan cepat pada waktu berenang akan cepat menjadi lelah.

f. Prinsip Daya Mengapung

Seperti yang terlihat dalam pengalaman, sebuah kapal bermuatan ringan lebih mudah tarik atau didorong dalam air daripada kapal yang bermuatan

berat yang mempunyai ukuran dan bentuk yang sama. Seorang perenang yang ringan mengapung lebih tinggi dan menimbulkan hambatan lebih sedikit daripada perenang yang lebih berat daya apungnya.

Perenang-perenang mempunyai bermacam-macam bentuk tubuh, ukuran tulang, perkembangan otot, berat badan, jaringan lemak, kapasitas paru-paru dan sebagainya. Semua factor-faktor ini mempunyai daya apung dan posisi apung seseorang. Seorang perenang dengan tulang yang besar dan kerangka berat akan mengapung lebih rendah dalam air daripada perenang yang ringan.

1.4. Gaya dan Teknik Renang

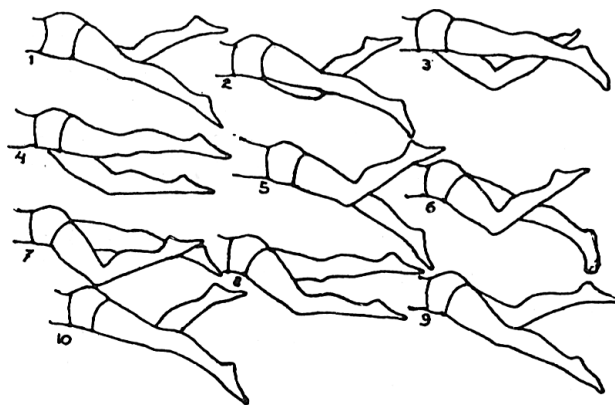
1.4.1. Gaya Crawl

Gaya ini meniru cara berenang seekor binatang. Oleh sebab itu disebut *crawl* artinya merangkak. Aslinya adalah apa yang dinamakan “renang anjing” (*dog style*) (Sukintoko, 1983). Renang gaya *crawl* secara umum dikenal sebagai renang gaya bebas. Pada renang gaya *crawl*, lengan perenang dikepakkan ke atas lalu dimasukkan ke dalam air, sedangkan kakinya digerakkan dengan gaya tendangan. Gaya renang ini adalah gaya yang menggunakan gerakan mengayunkan tangan lewat atas permukaan air, gaya bebas ini sama juga artinya gaya

crawl. Renang gaya *crawl* merupakan gaya yang tercepat diantara ketiga gaya yang lainnya (kupu-kupu, dada dan punggung). Renang gaya *crawl* merupakan renang yang mendasari gaya kupu kupu dan gaya punggung, karena gerak yang hampir mirip hanya posisi badan yang diubah. Perenang gaya *crawl* melakukan gerakan renang dengan posisi telungkup, mengayunkan kedua tungkai secara bergantian menendang air dengan kaki serta secara terkoordinasi lengan, tangan sebagai dayung agar badan terbawa ke depan (Sukintono dan Sukarno, 1983).

Renang gaya *crawl* terdiri dari delapan teknik gerakan yaitu: (1). Posisi tubuh (*body position*), (2). Gerak tendangan (*kicking Action*), (3). Pernafasan (*Breathing*), (4). Koordinasi nafas dan tendangan (*Breath and Kick Coordination*), (5). Rotasi tangan (*Arm Rotation*), (6). Koordinasi tangan kanan kiri (*Righ left hand coordination*), (7). Koordinasi tangan-napas (*Arm and Breath coordination*), (8). Koordinasi tangan napas dan kaki (*Arm Breath and kick coordination*) (Kurnia, 2001).

Gerakan kaki dan tangan dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7, sedangkan gerakan secara keseluruhan dapat dilihat Gambar 8 - 12. Gambar 8 - 12 memperlihatkan dengan jelas gerakan kaki, gerakan lengan, dan gerakan pernafasan terkoordinir dan terkombinasi dengan baik.



Gambar 6. Gerakan kaki pada gaya crawl (Sukintoko, 1983)



Gambar 7. Gerakan tangan pada gaya crawl (Sukintoko, 1983)



1. Ketika tangan kanan masuk ke air selebar bahu dengan telapak tangan menghadapi ke bawah, lengan yang menarik telah menyelesaikan tarikannya. Udara dikeluarkan dari mulut dan hidung dalam suatu aliran yang tetap, menunjukkan suatu pola pernapasan ritmis.

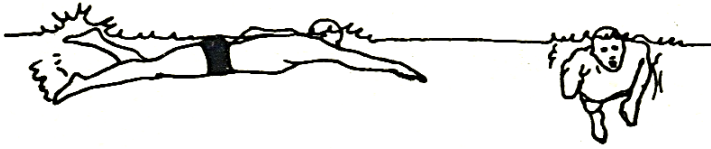


2. Momentum ke bawah yang ditimbulkan oleh tangan selama recovery menyebabkan tangan tenggelam ke bawah. Lengan yang menarik meneruskan tarikannya ke belakang dengan telapak tangan masih menghadap ke belakang.

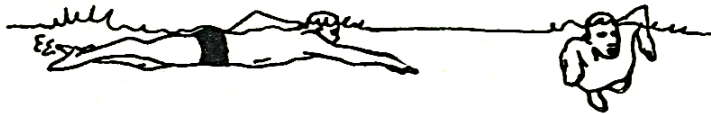


3. Tangan kanan terus bergerak ke bawah perlahan-lahan ketika tangan yang menarik mulai kembali ke garis tengah badan.

Gambar 8. Serangkaian gerakan gaya crawl



4. Otot-otot depressor lengan sekarang mulai berkontraksi secara aktif menekan lengan kanan ke bawah dan tangan kiri mulai mendorong ke belakang dengan kuat.

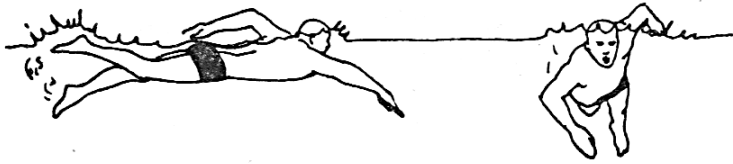


5. Lengan kiri telah hampir menyelesaikan dorongannya dan sekarang perenang menggunakan tenaga pada kedua tangan. Tenaga dari tangan kanan masih belum cukup diarahkan ke belakang untuk bisa menimbulkan dorongan ke depan pada badan.



6. Ketika lengan kiri menyelesaikan dorongannya kaki kiri menepak ke bawah dengan kuat. Gerakan ini membatalkan efek gerakan ke atas dari lengan yang menekan pinggul perenang.

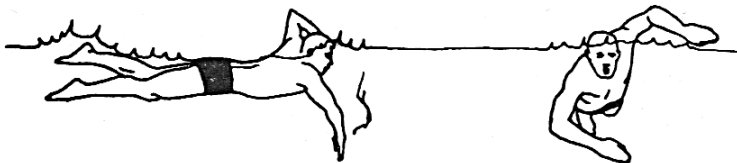
Gambar 9. Serangkaian gerakan gaya crawl (Lanjutan)



7. Ketika tangan kanan menekan ke bawah, siku mulai menekuk.

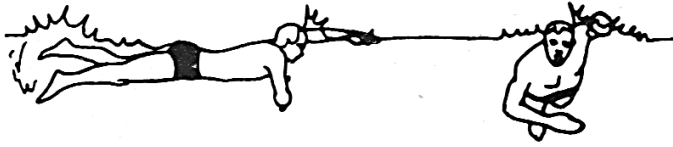


8. Posisi elbow-up dari lengan yang menarik dan mulai recovery dari tangan kiri.



9. Tangan kanan hampir selesai menariknya dan tangan mulai memutar pada sumbu longitudinal. Jumlah udara yang dikeluarkan mulai bertambah.

Gambar 10. Serangkaian gerakan gaya crawl (Lanjutan)



10. Tangan kanan telah selesai dengan tarikannya dan kepala mulai memutar pada sumbu longitudinalnya. Jumlah udara yang dikeluarkan makin bertambah.

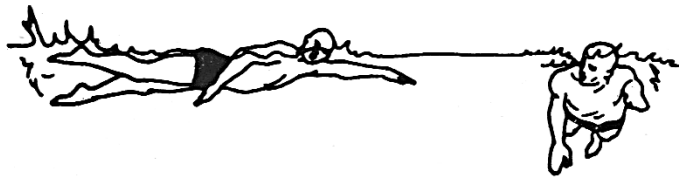


11. Kepala terus memutar ke samping ketika dagu nampak mengikuti gerakan siku ketika siku bergerak ke belakang. Tangan yang menarik mulai memutar dan kembali ke garis tengah badan.



12. Mulut perenang lebih membuka ketika volume udara yang keluar bertambah.

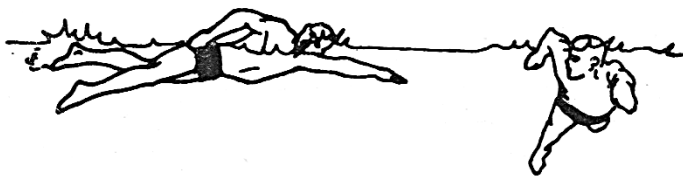
Gambar 11. Serangkaian gerakan gaya crawl (Lanjutan)



13. Tangan yang menarik tidak lagi menghadap langsung ke belakang, tetapi kira-kira bersudut 45° . Posisi ibu jari keluar pada saat ini nampak pada banyak perenang baik, tetapi tidak merugikan atau menguntungkan.



14. Jejakan ke bawah dari kaki kanan mulai ketika lengan kanan menyelesaikan dorongannya. Mulut akhirnya keluar dari permukaan air dan pengambilan napas hampir mulai.



15. Tepat sebelum tangan keluar dari permukaan air, tangan itu diputar sehingga telapak tangan menghadap kedalam kearah badan. Perenang membuka matanya dan mulai menarik napas.

Gambar 12. Serangkaian gerakan gaya crawl (Lanjutan)

1.4.2. Gaya Dada

Renang gaya dada sering juga disebut renang katak. Sebutan ini dikarenakan renang gaya dada tersebut mirip sekali dengan gerakan katak pada waktu berenang. Gaya dada merupakan gaya untuk perbandingan yang paling kuno dan merupakan salah satu gaya renang yang tertua. Dalam sejarah sampai sekarang gaya dada paling banyak mengalami perkembangan (Sukintoko, 1983).

Renang gaya dada merupakan gaya renang yang paling lambat, karena besarnya penurunan kecepatan gerak yang terjadi di dalam setiap siklus geraknya. Meskipun perenang menghasilkan kekuatan yang besar selama fase dorongan di setiap siklus gaya, namun nyata sekali dia juga mengalami pelambatan setiap kali dia melakukan istirahat kaki pada persiapan siklus selanjutnya (Maglisco, 2003 *dalam* Pratama, 2012)

Gerakan kaki pada gaya dada dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14, sedangkan gerakan secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 15 - 18.



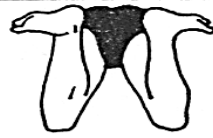
1. Kedua kaki rapat lurus dan rileks, ada di permukaan air.



2. Kedua telapak kaki mulai ditarik pelan-pelan, kedua lutut mulai ditarik ke bawah.



3. Tekukan kedua lutut mendekati selesai, dan tumit terbuka selebar panggul, telapak kaki menghadap ke atas.

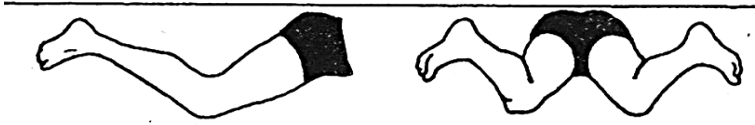


4. Tekukan kedua lutut selesai, telapak kaki tetap menghadap ke atas dan sudah dekat dengan pantat.



5. Lutut masih tetap dalam posisi ditekuk, kedua kaki bawah mulai merenggang lebih lebar kesamping dan telapak kaki mulai memutar ujung-ujung jarinya ke arah luar.

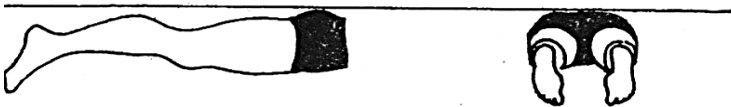
Gambar 13. Serangkaian Gerakan kaki Gaya Dada



6. Kedua kaki bawah lebih lebar merenggang kesamping dengan diikuti kedua lutut, untuk memulai tendangan. Kedua lutut mulai melurus.



7. Tendangan cambuk kedua kaki yang kuat. Kedua lutut mendekati lurus.



8. Akhir dari tendangan kedua kaki. Lutut sudah lurus.



9. Selesai tendangan kedua kaki. Lutut, tumit lurus dan rapat releks.

Gambar 14. Serangkaian Gerakan kaki Gaya Dada (Lanjutan)



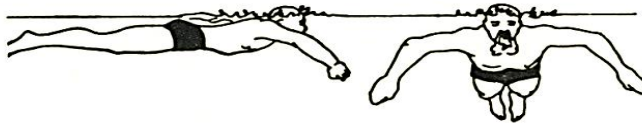
1. Kaki lurus ke belakang, lengan lurus ke depan, dengan telapak tangan miring ke luar dan kepala kira-kira 80% masuk dalam air.



2. Kaki masih lurus ke belakang, kedua tangan mulai dibuka ke samping selebar bahu.

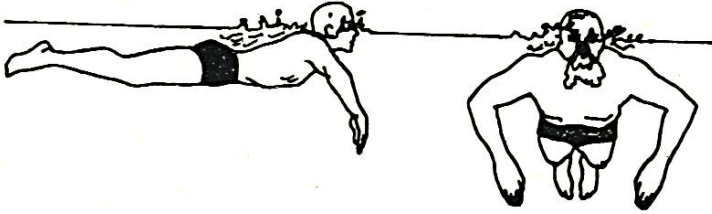


3. Kaki tetap lurus, kedua tangan mulai menarik. Jarak antara kedua tangan sudah lebih lebar dari bahu dan telapak tangan menghadap ke belakang. Napas dikeluarkan dan gelembung-gelembung udara keluar dari mulut dan hidung.

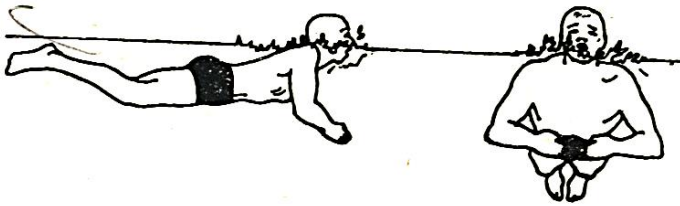


4. Siku-siku mulai dibengkokkan dan lengan atas berputar, tangan menarik dengan kuat.

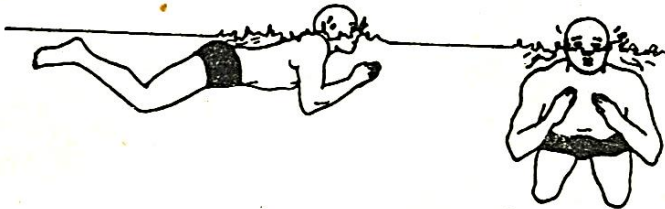
Gambar 15. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya dada



5. Seperti nomor 4, telapak tangan mulai diputar ke dalam, dan kepala mulai terangkat sedikit.

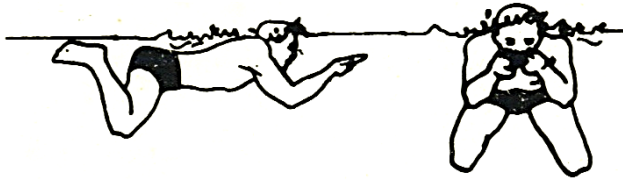


6. Mengambil napas dilakukan pada saat tangan siap didorong ke depan.



7. Pengambilan napas telah selesai dan mulut sudah tertutup. Tangan mulai digerakkan ke depan.

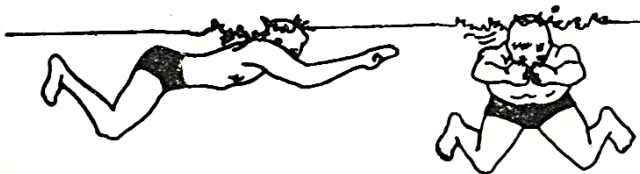
Gambar 16. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya dada
(Lanjutan)



8. Leher dilemaskan untuk merendahkan kepala ke dalam air kembali. Kaki ditarik ke pantat sedangkan lengan terus bergerak ke depan sebagai akibat diluruskannya siku-siku.

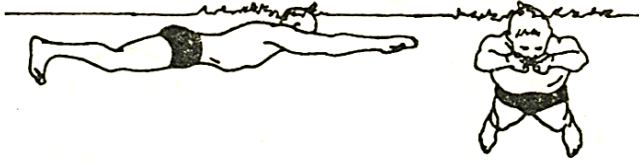


9. Kepala terus menunduk karena pengendoran dari leher. Kaki berada dalam posisi "plantar-flexed" dan lengan mendekati penyelesaian lurus.



10. Kaki ditendangkan ke belakang melingkar. Napas ditahan dan tidak akan mulai mengeluarkannya sampai tarikan tangan yang berikutnya dimulai.

Gambar 17. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya dada
(Lanjutan)



11. Seperti nomor 10, dan kaki mulai merapat.



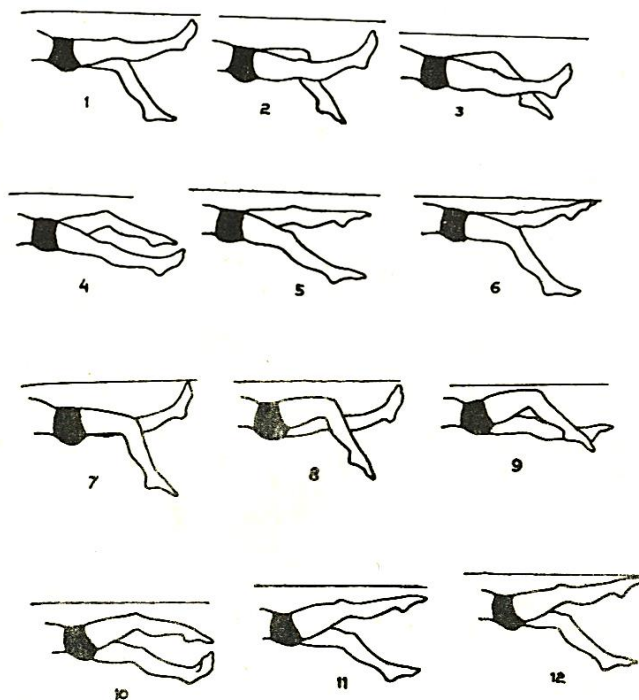
12. Lengan sudah lurus, perenang menyelesaikan tendangannya dan memusatkan perhatiannya pada keseimbangan badannya agar supaya terbentang lurus horizontal. Selanjutnya kembali dari sikap permulaan lagi.

Gambar 18. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya dada
(Lanjutan)

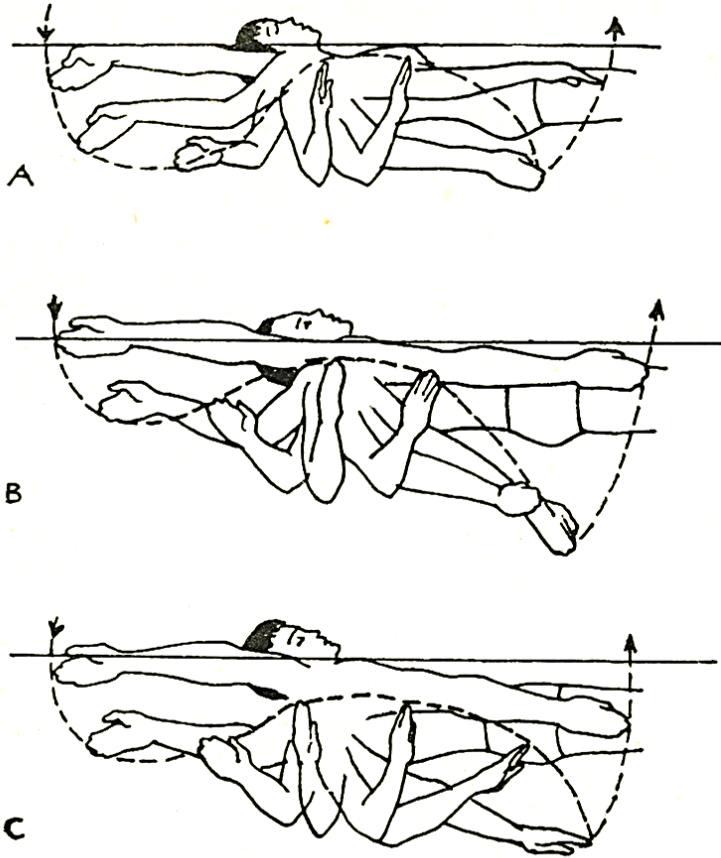
1.4.3. Gaya Punggung

Renang gaya punggung adalah berenang di mana punggungnya menghadap pada permukaan air, atau tubuh dalam posisi terlentang. Dalam sikap terlentang kekuatan mengapung pada air jauh lebih besar daripada sikap telungkup karena bidang dataran punggung lebih besar. Pada gaya renang ini, hal-hal yang harus diperhatikan diantaranya: (1) sebagian kepala masuk air, sehingga kedua telinga berada di permukaan air; (2)

pandangan ke arah atas; (3) pantat diusahakan naik setinggi mungkin; (4) kaki diusahakan lurus ke belakang di bawah permukaan air (Sutanto, 2007). Serangkaian Gerakan kaki dan tangan pada gaya punggung terlihat pada Gambar 19 dan Gambar 20, sedangkan keseluruhan gerakan gaya punggung tersaji pada Gambar 21 - 27.



Gambar 19. Serangkaian gerakan kaki gaya punggung



Gambar 20. Serangkaian gerakan tangan gaya punggung

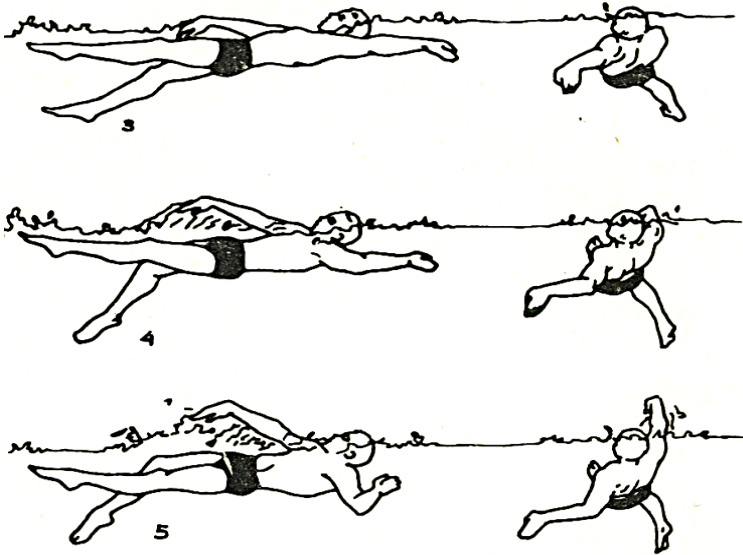


1. Rangkaian gerakan itu mulai dengan lengan kiri masuk ke air langsung di atas bahu, dengan jari kelingking masuk ke dalam air lebih dahulu. Tangan kanan telah menyelesaikan dorongannya dan mulai bergerak ke atas dalam recoverynya.



2. Momentum ke bawah yang ditimbulkan oleh lengan kiri selama setengah terakhir dari fase recovery menyebabkan lengan dengan siku masih lurus itu tenggelam masuk ke dalam air. Tangan kanan pada saat yang sama dengan kaki kiri bergerak ke atas. Timing ini terlihat pada banyak perenang gaya punggung yang baik.

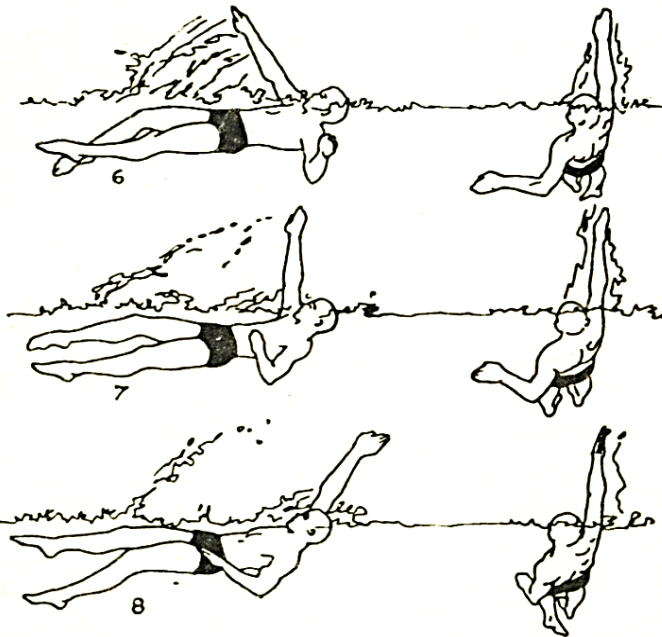
Gambar 21. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya punggung



3. Tenaga otot mengambil alih kontrol dari lengan kanan ketika lengan itu menarik ke bawah. Lengan kanan mulai memecah permukaan, ketika ini menekuk pada pergelangan tangan.
4. Siku kiri mulai menekuk ketika lengan ditarik ke arah bawah dan samping. Kaki kanan yang ada pada dasar pukulan ke bawahnya siap memulai pukulan ke atas dengan arah sudut agak diagonal.
5. Tarikan lengan kiri berlangsung terus ketika tekukan pada siku makin bertambah. Telapak tangan dari tangan

Gambar 22. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya punggung
(Lanjutan)

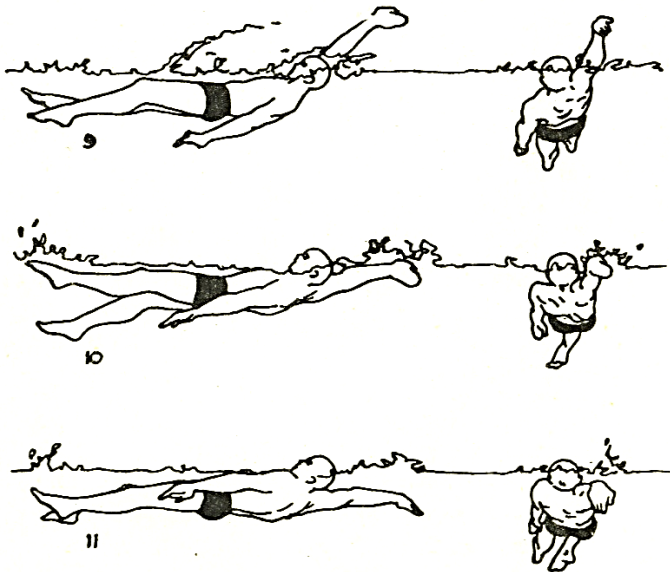
yang menarik hampir langsung menghadapi ke belakang. Lengan kanan melakukan *recovering* langsung ke atas. Kaki kanan mulai bergerak ke atas dengan sudut diagonal.



6. Ketika tangan kiri melewati bahu, tekukan siku mencapai maksimum 90° . Recovery lengan memulai memutar, memutar telapak tangan ke arah luar dari badan. Gerakan ini memudahkan recovery lengan.

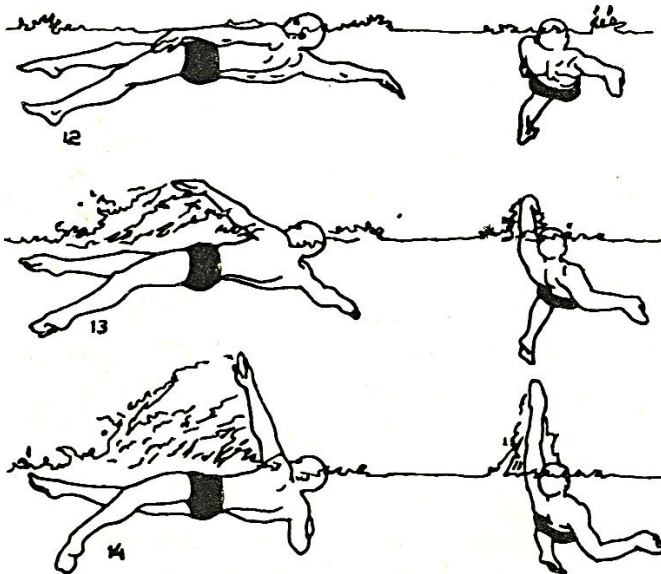
Gambar 23. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya punggung
(Lanjutan)

7. Siku pada lengan yang mulai mendorong, mulai merentang ketika tangan telah melewati bahu. Recovery lengan, yang berada langsung di atas bahu, diputar sehingga telapak tangan langsung menghadap ke luar. Perenang menutup mulut agar tidak kemasukan air yang menetes dari lengan yang melakukan recovery. Pada saat ini badan mencapai pemutaran maksimumnya yaitu 40° sampai 45° .
8. Posisi tangan kiri dirobah, mendekatkan telapak tangan ke badan, dan mendorong hampir langsung ke arah bawah. Lengan yang melakukan recovery berjalan pada jalur verticalnya.



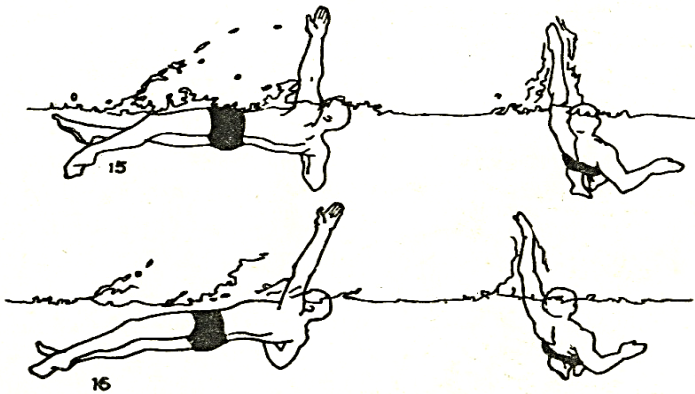
Gambar 24. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya punggung
(Lanjutan)

9. Lengan kiri menyelesaikan dorongannya dengan siku terentang sepenuhnya dan telapak tangan turun tiga sampai enam inci di bawah pinggul. Dorongan ke bawah dari tangan membantu menaikkan bahu.
10. Ketika tangan kanan masuk ke air, dengan telapak tangan menghadap ke luar, lengan kiri mulai recovery ke atasnya.
11. Bahu kiri memecah (keluar) air sebelum lengan kiri melakukan recovery di luar air. Tangan kanan tenggelam dalam air, bersiap-siap melakukan tarikan.



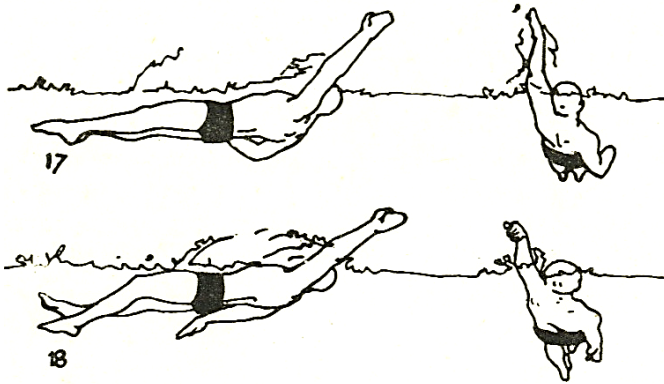
Gambar 25. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya punggung
(Lanjutan)

12. Tarikan dari tangan kanan dilakukan dengan siku lurus ketika tangan kiri mulai recovery diluar airnya. Kaki kiri bergerak ke bawah secara diagonal. Sekali lagi pukulan ke atas dari kaki kanan bersamaan waktunya dengan angkatan terakhir dari lengan ke luar air.
13. Tekukan dari lengan kanan menjadi nyata ketika tangan menekan ke samping.
14. Tangan kanan menggunakan dorongannya langsung ke arah belakang. Bahu kiri diangkat di atas air, terutama karena berputarnya badan.



15. Lengan yang menarik telah menyelesaikan tarikannya. Selanjutnya untuk melakukan mendorong.
16. Ketika lengan kanan mulai dengan dorongan ke bawahnya, kaki kiri terus menjejak ke atas secara diagonal.

Gambar 26. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya punggung
(Lanjutan)



17. Tangan kiri, telapak tangan ke luar, melanjutkan gerakan recoverynya ketika tangan kanan mendorong ke belakang dan ke bawah.
18. Lengan kanan menyelesaikan dorongannya sedangkan tangan kiri hampir menyelesaikan recoverynya. Siklus gaya sepenuhnya sekarang telah selesai.

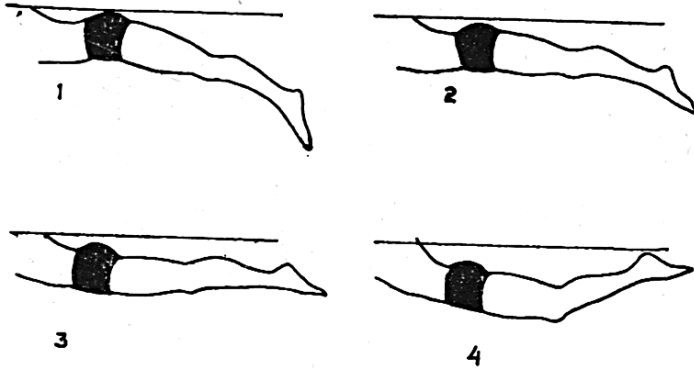
Gambar 27. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya punggung
(Lanjutan)

1.4.4. Gaya Kupu-Kupu

Gaya kupu-kupu menyerupai gaya crawl dalam hal lengan dan kaki bekerja sempurna, dengan ciri khas yang nyata bahwa kedua lengan pada gaya kupu-kupu bergerak bersamaan, demikian juga kedua kakinya. Pada permulaannya gaya kupu-kupu merupakan modifikasi dari gaya dada, dimana gerakan kakinya sama dengan

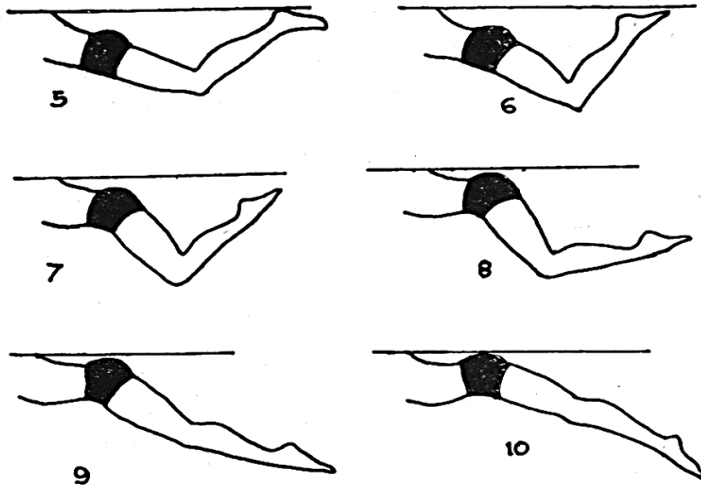
gaya dad sedangkan dayungan lengan berlawanan arah dengan gaya dada. Gerakan kaki gaya kupu-kupu menyerupai gerakan ikan lumba-lumba (dolphins) sehingga sebagian ahli renang menyebut gaya ini sebagai gaya dolphins (Susanto, 2007).

Serangkaian gerakan kaki dan lengan pada gaya kupu-kupu dapat dilihat pada Gambar 28, 29, dan 30, sedangkan gerakan secara keseluruhan gaya kupu-kupu dapat dilihat pada Gambar 31 - 35.



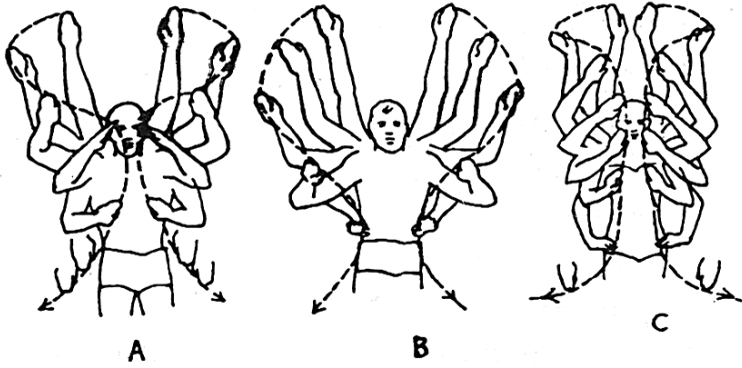
1. Kaki-kaki ada pada dasar dari pukulan ke bawahnya dengan tumit pada ke dalaman hampir dua kaki. Panggul tempat memecah permukaan air.
2. Kaki-kaki dibawa ke atas dengan tanpa tekukan pada lutut. Pukulan ke atas dari kaki ini tidak menimbulkan dorongan (luncuran) ke depan.
3. Kaki-kaki terus ke atas. Pengangkatan kaki-kaki ini mengakibatkan turunnya panggul.
4. Kaki bagian atas sekarang mulai turun, ketika ujung-ujung kaki terus ke atas. Gerakan kombinasi ini dapat dilakukan karena tekukan kaki pada lutut.
5. Kecepatan gerakan ke bawah dari kaki bagian atas ditambah, tetapi gerakan tekukan lutut yang makin bertambah mengangkat ujung-ujung kaki lebih dekat ke permukaan air. Panggul ada pada titik terbawah di dalam air.

Gambar 28. Serangkaian gerakan kaki pada gaya kupu-kupu

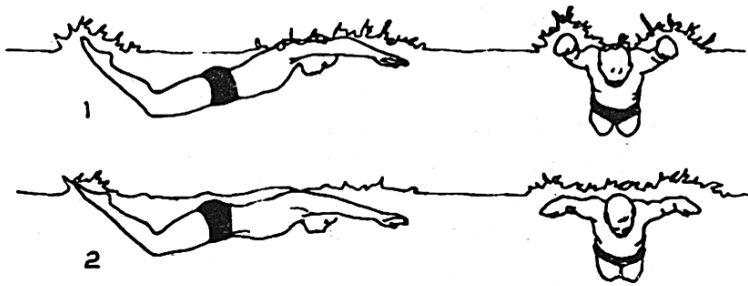


6. *Ketika tekukan lutut mencapai 90°, ujung kaki yang sekarang ada pada puncak pukulan ke atas, mulai menekuk bagian bawah dalam persiapan untuk memulai pukulan ke bawah.*
7. *Luncuran ke depan dari gerakan kaki dolfin mulai ketika ujung-ujung kaki dijejakkan ke bawah dengan suatu pelontar flexion dari mata kaki. Kelentukan mata kaki yang baik diperlukan sekali.*
8. *Jejakan kaki ke bawah berlangsung terus tanpa suatu perubahan yang nyata dari pada posisi kaki bagian atas. Gerakan ke bawah dari kaki ini menyebabkan terangkatnya panggul mendekati permukaan air.*

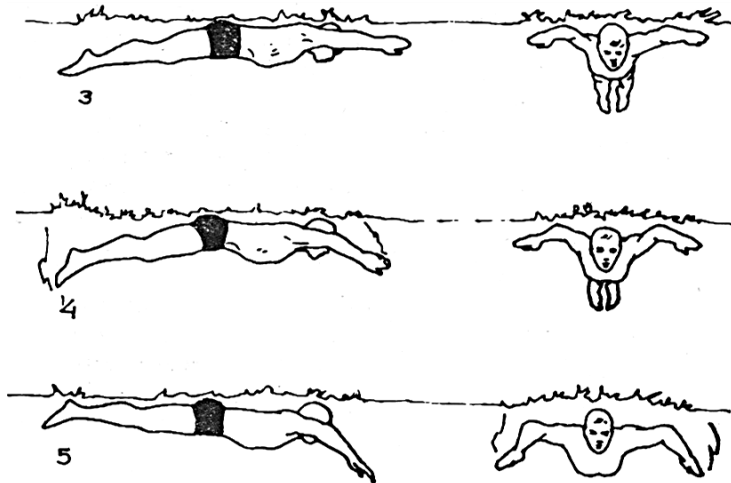
Gambar 29. Serangkaian gerakan kaki pada gaya kupu-kupu
(Lanjutan)



Gambar 30. Serangkaian gerakan tangan pada gaya kupu-kupu



Gambar 31. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya kupu-kupu



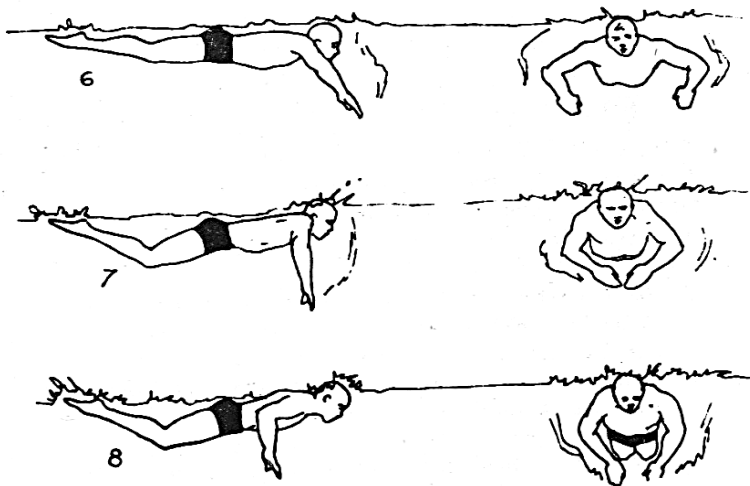
Serangkaian gambar ini menunjukkan mekanika yang betul dari gaya kupu-kupu. Disini ditunjukkan dua siklus gerakan tangan yang komplit, yang satu tanpa pengambilan napas dan yang kedua gerakan tangan dengan pengambilan napas.

1. Siklus gerakan mulai ketika lengan-lengan masuk air selebar bahu. Kaki-kaki, dengan ujung kaki bagian bawah menekuk, siap memulai pukulan ke bawah dari gerakan kaki. Kepala tidak langsung menghadap ke dasar kolam, tetapi agak terangkat kedepan.
2. Ketika momentum dari lengan-lengan, yang timbul selama recovery, menyebabkan tangan-tangan tenggelam ke bawah, usaha otot juga digunakan untuk mengerah-

Gambar 32. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya kupu-kupu
(Lanjutan)

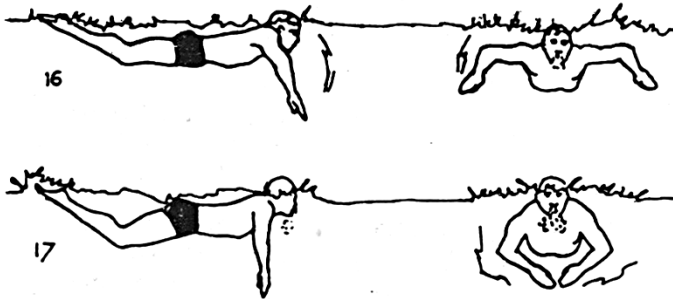
kan tarikan itu ke arah diagonal keluar. Jejak kaki ke bawah dari ujung-ujung kaki telah mulai.

3. Tarikan berlangsung terus ketika gerakan kaki hampir selesai. Reaksi dari pukulan ke bawah dari kaki menyebabkan punggung naik ke permukaan.
4. Menekuk kaki ke belakang pada mata kaki ketika kaki mulai pukulan ke atasnya. Selama bagian pertama dari tarikannya, bahkan juga bila ia tidak mengambil napas, ia menganggap mengangkat kepalanya seolah-olah ia melihat ke depan. Gerakan ini terjadi secara wajar.
5. Kedua lengan sekarang terbentang maksimum ditarik ke bawah dan ke belakang dengan posisi siku tinggi. Kedua kaki telah menyelesaikan pukulan kaki pertama dan menempatkan posisinya untuk pukulan kedua.

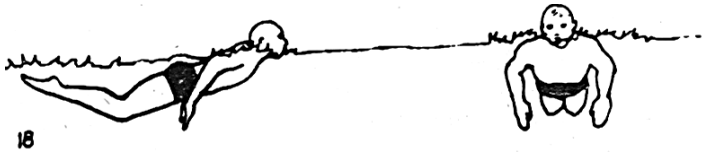


Gambar 33. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya kupu-kupu (Lanjutan)

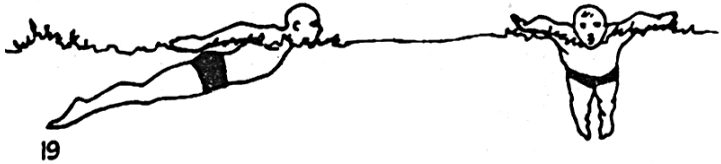
11. Ketika lengan meninggalkan air dan memulai recovery-nya, kaki dinaikkan tanpa menekuk lutut. Kepala diturunkan sehingga muka hampir paralel dengan dasar kolam. Gerakan kepala ini memudahkan recovery lengan.
12. Ketika tangan mengambil melewati bahu, telapak tangan menghadap ke bawah. Siku-siku terentang sepenuhnya. Ujung kaki mulai menekuk ketika mendekati puncak dari pukulan ke atas.
13. Lengan-lengan bagian atas mulai menyentuh air, ketika tangan-tangan siap masuk air.
14. Kedua tangan masuk ke air ketika kaki bagian atas memulai gerakan ke bawahnya. Tekukan pada lutut bertambah. Ujung kaki hampir keluar dari permukaan ketika memulai pukulan ke bawahnya.
15. Pukulan ke bawah dari kaki hampir selesai selama bagian pertama dari tarikan. Perenang yang telah menahan napas selama siklus lengan yang pertama mulai mengeluarkan udara pada permulaan dari tarikan tangan. Pemutaran lengan bagian atas menyebabkan posisi lengan siku tinggi.



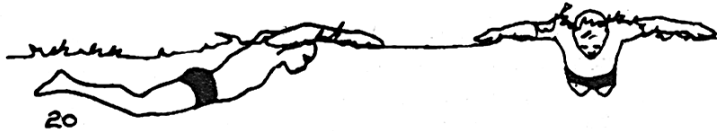
Gambar 34. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya kupu-kupu
(Lanjutan)



18



19



20

- 16. Perenang terus mengeluarkan udara ketika ia mengangkat kepalanya.
- 17. Pengeluaran udara terus berlangsung ketika tarikan merobah arah dengan tajam dan kedua tangan saling berdekatan.
- 18. Kepala terangkat terutama karena tekukan leher dan pernapasan mulai sebelum lengan menyelesaikan dorongannya. Pukulan ke bawah dari kaki sekali lagi bersamaan waktunya dengan selesainya dorongan tangan.

Gambar 35. Serangkaian gerakan keseluruhan gaya kupu-kupu (Lanjutan)

II. PERALATAN SELAM DASAR

2.1. Penyelaman Scuba

Penyelaman scuba merupakan suatu kegiatan yang dilakukan di bawah permukaan air, dengan menggunakan peralatan Scuba (self contained underwater breathing apparatus) untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Penyelaman Scuba dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan kedalaman yaitu :

- a) Penyelaman dangkal, yaitu penyelaman dengan kedalaman antara 5 -10 meter
- b) Penyelaman sedang, yaitu penyelaman dengan kedalaman antara 10 -30 meter
- c) Penyelaman dalam yaitu melakukan penyelaman lebih dari 30 meter.

Jenis penyelaman berdasarkan tujuan yang hendak dicapai dapat dibedakan antara lain :

- a) Penyelaman untuk kepentingan pertahanan dan keamanan negara antara lain :
 - Penyelaman untuk tugas-tugas tempur
 - Search & Rescue (SAR)
 - Pemeriksaan dan Perbaikan dibawah air
 - Pengangkatan kapal tenggelam

b) Penyelaman komersial.

Penyelaman ini dilakukan oleh penyelam profesional untuk kepentingan-kepentingan seperti konstruksi di bawah air, penambangan lepas pantai, pengangkatan kapal tenggelam dan lain-lain.

c) Penyelaman ilmiah (Scientific Diving).

Penyelaman ini dilakukan untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan bawah air, seperti: penelitian-penelitian, biologi laut, geologi, kedokteran, arkeologi dan ilmu-ilmu kelautan lainnya.

d) Penyelaman olah raga (Sport Diving).

Penyelaman olah raga dilakukan untuk kepentingan kesehatan dan wisata bahari. (Sumber: <http://www.geocities.com/minangbahari/artikel/scuba.html>)



Gambar 36. Menyelam dengan alat Scuba

Para pria dan wanita telah menyelam dengan cara menahan nafas sejak ribuan tahun yang lalu. Kita dapat mengetahui hal tersebut dari benda-benda peninggalan bawah laut yang telah ditemukan di kemudian hari dan adanya gambar para peselam pada gambar-gambar kuno yang ditemukan oleh para arkeolog. Cara menyelam seperti ini masih digunakan orang hingga sekarang.

- 1535 – Guglielmo de Loreno mengembangkan apa yang kini disebut sebagai *diving bell* atau “lonceng untuk menyelam”.
- 1650 – Von Guericke mengembangkan kegunaan pompa udara yang pertama.
- 1667 – Robert Boyle mengamati gelembung gas di dalam mata ular berbisa dalam udara yang telah dimampatkan dan kemudian dikurangi tekanannya. Hal ini adalah pengamatan pertama yang tercatat mengenai penyakit dekompresi (DCI) yang juga disebut dengan *the bends*.
- 1691 – Edmund Halley (yang terkenal dengan kometnya) mematenkan *diving bell* yang disambungkan oleh sebuah pipa ke drum-drum udara berpemberat yang dapat diisi udara dari permukaan.
- 1715 – John Lethbridge membuat sebuah *diving engine* atau “mesin untuk menyelam”, yaitu suatu tabung bawah air terbuat dari kayu eik diisi udara mampat yang dialirkan dari permukaan. Air tidak

masuk ke dalamnya karena adanya manset kulit yang dilapisi lemak dan direkatkan di sekeliling tangan operator. *Diving engine* ini diklaim telah sukses digunakan selama beberapa tahun.

1776 – Kapal selam Amerika: Turtle menyerang kapal perang Inggris HMS Eagle di pelabuhan New York.

1788 – John Smeaton memperbaharui *diving bell* dengan dilengkapi pompa tangan untuk menyalurkan udara segar yang telah dipampatkan dan sebuah katup yang mencegah udara naik kembali pada saat pompa tidak bekerja.

1823 – Charles Anthony Deane mematenkan *smoke helmet* untuk petugas pemadam kebakaran. Helm tersebut digunakan untuk menyelam juga. Helm ini dipakai di atas kepala dan diberikan pemberat. Udara dimasukkan dari permukaan melalui sebuah selang.

1828 – Charles Deane dan saudara laki-lakinya John Deane memasarkan helm tersebut bersama *diving suit*. Pakaian selam ini tidak bersatu dengan helm, tetapi diamankan dengan tali pengikat.

1837 – Augustus Siebe seorang Inggris yang lahir di Jerman, merekatkan helm peselam buatan Deane

bersaudara dengan pakaian karet kedap air berisi udara.

- 1839 – Pakaian menyelam Seibe digunakan dalam upaya penyelamatan kapal perang Inggris HMS Royal George. Dalam penyelaman ini para peselam melaporkan telah menderita rematik dan *cold*, yang kemudian tidak diragukan sebagai gejala penyakit dekompresi. Dalam penyelaman ini system *buddy* juga pertama kali digunakan. Pakaian selam yang telah disempurnakan Siebe ini kemudian digunakan sebagai pakaian selam standar oleh The Royal Engineers.
- 1843 – Sekolah menyelam pertama didirikan oleh Angkatan Laut Inggris.
- 1876 – Henry A. Fleuss mengembangkan peralatan menyelam berdiri sendiri terlengkap pertama yang menggunakan oksigen mampat (bukan udara yang dipampatkan).
- 1878 – Paul Bert menerbitkan *La Pression Barometrique*, sebuah buku 1000 halaman yang berisi mengenai pengamatan fisiologis terhadap perubahan tekanan. Dia mengemukakan bahwa penyakit dekompresi disebabkan oleh gelembung gas nitrogen, dan menyarankan agar para peselam naik ke permukaan secara bertahap untuk menghindari hal tersebut. Dia juga menyebutkan

penyakit dekompresi dapat disembuhkan dengan cara rekompresi.

- 1908 – John Scott Haldane, Arthur E. Boycott dan Guybon C. Damant menerbitkan buku *The Prevention of Compressed-Air Illness*, sebuah karya ilmiah mengenai penyakit dekompresi. Tabel penyelaman yang mereka buat kemudian digunakan oleh Angkatan Laut Inggris dan Amerika, dan telah menyelamatkan banyak peselam dari penyakit dekompresi.
- 1912 – Angkatan Laut Amerika Serikat mencoba table penyelaman yang diterbitkan oleh Haldane, Boycott dan Damant.
- 1917 – Biro Pembangunan dan Perbaikan Amerika Serikat memperkenalkan selm selam *Mark V*. Helm ini telah digunakan pada hampir setiap misi penyelamatan selama Perang Dunia II. Helm selam *Mark V* menjadi peralatan menyelam standar bagi Angkatan Laut Amerika Serikat.
- 1924 – Percobaan penyelaman helium-oksigen pertama oleh Angkatan Laut dan Biro Pertambangan Amerika Serikat.
- 1930 – William Beebe menyelam sedalam 1,426 kaki dalam sebuah *bathysphere* yang ditempelkan di sisi kapal tongkang menggunakan kabel besi ke kapal induk.

- 1930 – Guy Gilpatric seorang mantan penerbang Amerika memelopori penggunaan kaca mata karet dengan lensa kaca untuk *skin diving*. Pada pertengahan 1930, masker, fin dan snorkel telah banyak digunakan orang. Fin karet kemudian dipatenkan oleh Louis de Corlieu pada tahun 1933.
- 1933 – Yves Le Prieur merubah penemuan Rouquayro-Denayrouse dengan menggabungkan katup.
- 1933 – Klub olah raga selam pertama dibentuk di California. Klub ini bernama *The Bottom Scratchers*. Setahun kemudian klub sejenis dibentuk dengan nama *Club des Sous-l'Eau* di Paris, Perancis.
- 1934 – William Beebe dan Otis Barton menyelam sedalam 3,028 kaki menggunakan *bathysphere* di perairan Bermuda. Penyelaman ini tercatat sebagai pemegang rekor terdalam selama 14 tahun.
- 1936 – Le Prieur membentuk klub SCUBA pertama bernama *Club of Divers and Underwater Life*.
- 1939 – Misi penyelamatan terhadap awak kapal selam yang terperangkap dilaksanakan terhadap awak kapal selam Amerika Serikat USS *Squalus*, dengan menggunakan *diving bell* baru hasil ciptaan McCann dan Erickson. Kapal selam tersebut kemudian berhasil diselamatkan dan kemudian

ikut terlibat dalam Perang Dunia II dengan nama USS Sailfish.

1941-1944 – Selama Perang Dunia II, para peselam Italia dengan menggunakan kapal selam kecil dan peralatan scuba sirkuit tertutup menempatkan bahan peledak untuk menenggelamkan kapal perang dan kapal barang Inggris. Lalu orang-orang Inggris juga menggunakan cara seperti itu untuk menenggelamkan kapal tempur (battleship) Jerman: Tirpitz.

2.2. Peralatan Melihat dan Berenang

2.2.1. Masker

Masker Scuba berbeda dari jenis masker lainnya. Dibuat khusus untuk scuba diving, yang terbuat dari bahan berkualitas tinggi seperti kaca tempered dan silikon, bahan cukup kuat untuk menahan lingkungan bawah air. Masker snorkeling dan masker lainnya yang dirancang untuk olahraga air permukaan dapat dibuat dari bahan yang lebih rendah mutunya, seperti lensa plastik yang mudah buram dan mudah tergores. Bahan yang tidak kuatir tersebut bisa pecah atau rusak selama menyelam. Meskipun masker scuba dapat bekerja dengan baik untuk snorkeling dan olahraga air lainnya, masker tersebut diciptakan untuk olahraga air permukaan yang tidak

bekerja dengan baik untuk menyelam (<http://scuba.about.com/od/masks>).

Bentuk mask ada beberapa macam. Pilihlah salah satu diantaranya yang sesuai dengan wajah anda sehingga nyaman dipakai-nya. Untuk menguji kekedapannya yang sempurna, kenakanlah mask di wajah anda tanpa mengenakan tali kepala, tarik napas sedikit melalui hidung, jika mask tadi me-miliki kekedapan yang sempurna maka mask harus tetap menempel di wajah. Kegunaan mask untuk mencegah air masuk ke hidung dan mata serta melindunginya dari zat yang mengganggu yang dapat menimbulkan radang (iritasi). Mask juga memungkinkan anda dapat melihat benda di bawah air dengan jelas. Pilihlah mask dengan "tem-pered glass", jangan yang dari plastic (Hadi, 1991). Fungsi utama masker adalah agar kita dapat melihat objek laut dengan jelas pada saat melakukan snorkeling; misalnya ikan, karang, ataupun objek menarik lain. Selain itu, masker juga melindungi mata kita dari air laut yang asin sehingga mata tidak perih dan menjadi nyaman saat menyelam (Yusri, 2013).



Gambar 37. Untuk memastikan segel yang efektif, tempatkan masker di wajah anda dan pastikan bahwa skirt sesuai dengan kontur wajah anda. (<http://www..scuba-tutor.com/diving-equipment>)

Masker harus *comfortable* dan kedap air, mengikuti bentuk muka si pemakai. Untuk menguji kedekatan yang sempurna, yaitu dengan cara memakai masker tanpa menggunakan tali kepala (Gambar 37), kemudian menarik sedikit nafas dari hidung. Bila tangan dilepaskan masker tersebut tidak terlepas dan tetap menempel di wajah si pemakai, jika terjatuh, carilah masker yang lain. Pertimbangan yang paling penting dalam memilih masker adalah cocok dan nyaman. Seharusnya tidak ada

kesenjangan yang signifikan antara skirt dan wajah anda. Beberapa bentuk masker dapat dilihat pada Gambar 38.



Gambar 38. Beberapa jenis dan bentuk masker
(<http://scuba.about.com/od/masks/ig/Scuba-Mask>)

Seperti semua peralatan menyelam, masker tersedia dalam beberapa gaya dan dengan fitur pilihan. Fitur-fitur tersebut adalah sebagai berikut: (1) Low-Volume Design, yaitu masker dengan lensa kanan dan kiri yang terpisah yang dirancang untuk posisi lensa lebih dekat ke mata Anda. Ini memperbaiki penglihatan dan membuatnya lebih mudah untuk membersihkan air dari masker; (2) Purge Valve, yaitu masker yang memiliki sebuah purge valve adalah katup satu arah ditempatkan di bawah

hidung untuk membantu membersihkan air dari masker. Hal ini tidak diperlukan, dan Anda akan belajar bagaimana untuk membersihkan air dari masker standar; (3) Prescription Lenses, yaitu umumnya masker yang dilengkapi dengan lensa resep. Agen anda dapat memberikan informasi mengenai ketersediaan lensa resep untuk model tertentu (<http://www.scuba-tutor.com/diving-equipment/skin-gear/selecting-mask.php>).

Sebuah masker scuba harus menyertakan hidung penyelam. Fitur ini meningkatkan kenyamanan penyelam dengan memungkinkan dia untuk mengosongkan air dari masker yang kemasukan air dan mencegahnya hidung kemasukan air akibat pengaruh tekanan. Namun, alasan itu adalah mutlak penting karena masker yang menutupi hidung penyelam adalah untuk memungkinkan penyelam menyamakan tekanan udara di masker scuba saat ia turun. Hal ini untuk mencegah masker menyakiti muka penyelam dan juga mencegah penyedotan pada wajah penyelam, dan dalam kasus yang ekstrim, mengisap bola matanya keluar (<http://scuba.about.com/od/masks>).

Ciri-ciri masker adalah: safety tempered glass (kaca yang tahan tekanan), kerangka terbuat dari bahan anti karat, memiliki double seal yang lentur untuk wajah, dilengkapi ikat kepala yang dilengkapi gesper pengencang. Penyimpanan dan pemeliharannya adalah jangan dibiarkan terkena sinar matahari terlalu lama, cuci

dengan air tawar setelah pemakaian, jangan tergecet pada saat penyimpanan, untuk penyimpanan yang lama berikan silicon spray/bedak talk dan masukkan ke dalam kantong plastik

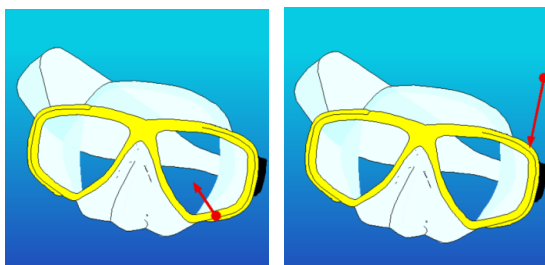
Masalah yang sering muncul saat menggunakan masker adalah pengembunan masker. Cara mengatasinya jika terjadi adalah: (1) gunakan cairan anti fog (anti embun), atau jika tidak ada, maka gunakan shampoo, sabun, odol, ataupun air liur pada masker sebelum digunakan. Penggunaan air liur lebih baik, karena tidak mencemari air laut. Cara pemberian adalah teteskan sedikit cairan anti fog/shampoo/sabun/odol/air liur ke kaca masker bagian dalam, gosokkan ke seluruh kaca masker sampai merata kemudian bilas dengan air laut. Setelah bilas jangan menyentuh kaca masker bagian dalam lagi; (2) lakukan mask-clearing sesering mungkin saat snorkeling. Cara melakukan adalah masukkan sedikit air ke dalam masker dengan sedikit membuka bagian atas masker. Biarkan air masuk ke dalam masker. Goyangkan masker sehingga air merata membersihkan embun yang ada di dalam masker. Keluarkan air setelah proses di atas selesai dengan cara menengadahkan masker miring ke atas sekitar 45° disertai hembusan nafas lewat hidung (Yusri, 2013).

Sewaktu menyelam, masker akan mendapat tekanan hidrostatik. Oleh karena itu, pemakaian masker tidak boleh terlalu ketat dan selalu mengadakan equalisasi

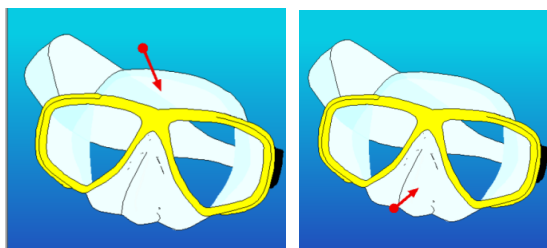
(penyesuaian tekanan) dengan menghembuskan udara ke dalam masker melalui hidung, maka hidung harus diikutsertakan ke dalam masker. Dengan alasan inilah kenapa goggle (kacamata renang) tidak dapat digunakan untuk menyelam. Masker mempunyai kelemahan sebagai akibat dari kombinasi sudut bias dan indeks bias antara air, kaca, dan udara yang menyebabkan benda-benda akan terlihat 2 kali lebih besar dan 1/2 kali lebih dekat (US Navy Diving Manual, 2005).

Masker terdiri dari bagian lensa, frame, skirt, nose pocket, dan strap. Lensa (Gambar 39) harus terbuat dari kaca tempered untuk menahan goresan dan melindungi mata anda dari kehancuran lensa. Frame (Gambar 39) merupakan komponen utama dari masker selam dan merupakan tempat bertumpu semua bagian pada masker. Skirt (Gambar 40) adalah bagian yang terbentuk dari silikon yang menyekat wajah kita. Skirt lembut dan fleksibel untuk memberikan sekat yang efektif dengan kenyamanan yang maksimal. Kebanyakan skirts memiliki pinggiran segel yang *double-feather* di sekitar bagian atas dan samping. Hal ini membantu untuk meningkatkan ekat dan meminimalkan kebocoran. Masker selam harus memiliki kantong hidung (nose pocket) (Gambar 40). Ketika kita menyelam, kita harus mampu menghembuskan udara dari hidung ke dalam masker untuk menyamakan tekanan udara atau menjernihkan lensa masker dari

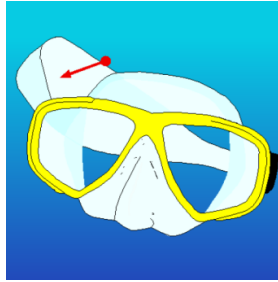
pengembunan. Kacamata berenang tidak boleh digunakan ketika menyelam karena tekanan udara di dalam kacamata tidak bisa disamakan saat kita turun. Strap (Gambar 41) berfungsi menahan masker agar aman wajah kita. Strap harus dibelah atau melebar di bagian belakang untuk mencegah tergelincir dari bagian belakang kepala kita, dan harus disesuaikan saat memakai masker.



Gambar 39. Lensa dan frame masker selam (panah merah)



Gambar 40. Skirt dan kantong hidung masker selam (panah merah)



Gambar 41. Strap pada masker selam (panah merah)

Selama menyelam suhu wajah kita hangat, sedangkan air laut umumnya dingin, sehingga udara di dalam masker menjadi lembab dan lensanya berkabut. Untuk mencegah pengembunan gunakan Defogging masker sebelum menyelam, atau memberikan sedikit air ludah di bagian dalam lensa, menggosok air liur di sekitar lensa, dan membilas masker dengan air. Solusi lainnya adalah gunakan defogging komersial (Gambar 42) yang banyak dijual di pasaran.

Ketika masker dirakit, pelumas silikon disemprotkan ke komponen untuk membuat perakitan mudah. Jika tidak dihapus, pelumas membuat prosedur defogging tidak efektif. Kita dapat menghilangkan pelumas dengan menggosok bagian dalam lensa dengan abrasif ringan seperti pasta gigi. Setelah membilas lensa masker dengan pasta gigi, masker siap defogging.



Gambar 42. Bagian dalam lensa masker harus difogging setiap sebelum menyelam.

2.2.2. Snorkel

"Snorkel" merupakan peralatan survival terpenting yang digunakan baik oleh "skin diver" maupun "scuba diver". "Snorkel" memungkinkan kita melihat tamasya bawah air dengan cara berenang dan menelungkupkan muka di permukaan air tanpa harus mengangkat kepala untuk mengambil napas. "Snorkel" membantu kita berenang menuju sasaran penyelaman tanpa harus menggunakan udara dari tabung scuba. Bentuk snorkel bermacam-macam (Hadi, 1991).

Snorkel yang baik memiliki ukuran yang tidak terlalu panjang dan berdiameter besar. Hal tersebut akan memudahkan kita mengambil sekaligus menghembuskan

udara selama snorkling. Selain itu, snorkel yang baik memiliki elastisitas yang cukup lentur sehingga dapat memberikan kenyamanan pada saat dipakai, dan snorkel yang memiliki katup buangan bawah (katup kuras) lebih diutamakan karena sangat memudahkan kita mengeluarkan air yang ada di dalam snorkel (Yusri, 2013).

Snorkel adalah sebuah pipa yang dipergunakan untuk bernapas bagi penyelam di permukaan air, berguna untuk skin diving sewaktu beristirahat di permukaan. Melalui snorkel seorang penyelam dapat mudah bernapas tanpa harus menegakkan kepala keluar dari air saat berada di permukaan, sehingga dapat bebas mengamati keadaan bawah air. Panjang pipa 30 cm, apabila lebih maka akan bertambah besar volume ruang udara mati (*dead air space*) yang dapat mengurangi udara baru yang masuk ke dalam paru-paru. Snorkel biasanya digantungkan di sebelah kiri masker pada penyelaman, namun dapat juga di depan atau sebelah kanan, tergantung tipe snorkel.

Teknik napas melalui snorkel dengan menghembuskan udara terlebih dahulu, kemudian membuang napas, hal ini untuk menghindari adanya air yang masuk melalui ujung pipa yang terbuka. Untuk mengetahui ujung pipa snorkel berada diatas permukaan, dapat di cek dengan dipegang oleh tangan kiri. Untuk mengetahui ujung pipa sudah masuk ke dalam air biasanya akan terdengar air

masuk ke pipa snorkel pada telinga sebelah kiri atau kanan (US Navy Diving Manual, 2005).

Snorkel (Gambar 43) merupakan peralatan survival penting yang digunakan oleh seorang skin diver maupun scuba diver sebab berfungsi untuk mencegah penyelam mengangkat kepalanya dalam usahannya untuk dapat bernafas, membantu penyelam berenang menuju sasaran penyelam tanpa harus menggunakan udara dari tabung scuba, memungkinkan penyelam menikmati pemandangan bawah laut dengan cara berenang dan menelungkupkan muka di permukaan air



Gambar 43. Beberapa jenis dan bentuk snorkel

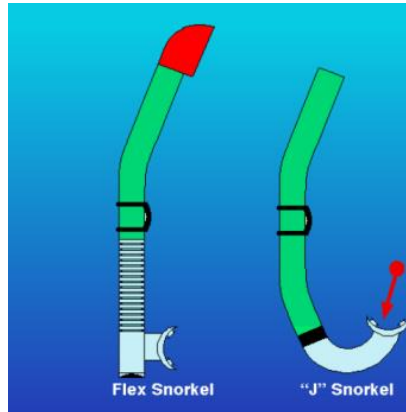
Cara memilih snorkel, yaitu: harus comfortable di dalam mulut, harus 12 – 14 inch panjangnya, harus memiliki garis penampang lubang sekurang-kurangnya $\frac{3}{4}$ inch, semi fleksibel, tidak dilengkapi alat penutup apapun pada ujung atas dan harus terbuka langsung tanpa halangan apapun demi kemudahan bernafas. Snorkel yang dipasang ke tali masker di sebelah kiri kita. Hal ini untuk mencegah gangguan dengan regulator, yang berasal dari sisi kanan kita (Gambar 44).



Gambar 44. Snorkel yang dipasang ke tali masker di sebelah kiri

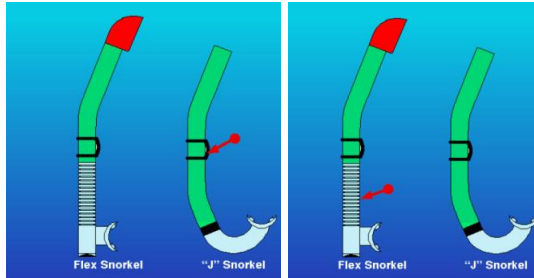
Sebuah snorkel standar terdiri dari sebuah tabung melengkung dengan sebuah mouthpiece. Snorkel ini disebut "J" snorkel (Gambar 45). Desain lain yang umum adalah fleksibel snorkeling (Gambar 46). Ini snorkel

memungkinkan mouthpiece untuk menggantung jauh dari wajah. Mouthpiece (Gambar 45) harus cocok dengan nyaman di mulut kita tanpa menyebabkan kelelahan rahang. Kita memegangnya di mulut dengan menggigit pada dua tab yang terletak di setiap sisi mouthpiece.



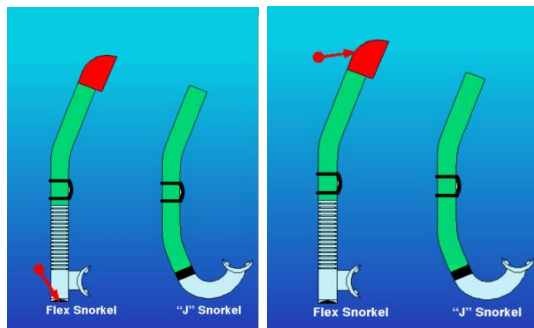
Gambar 45. Mouthpiece (panah merah) pada snorkel

Snorkel Keeper (Gambar 46) mengamankan snorkeling pada tali masker, dan tersedia dalam beberapa bentuk. Snorkel Keeper dibuat khusus untuk semua snorkel, dan kita dapat membeli snorkel keeper pengganti untuk digunakan sebagai back-up. Snorkel fleksibel memiliki flexible tube (Gambar 46) antara tabung kaku dan mouthpiece. mouthpiece harus cukup fleksibel untuk melentur ke mulut kita, namun cukup kuat untuk mencegah kekusutan.



Gambar 46. Snorkel keeper dan flexible tube (panah merah)

Sebuah fitur umum pada snorkel adalah *purge valve* (katup pembersih) (Gambar 47) yang terletak di bawah mouthpiece. *Purge valve* memungkinkan air mengalir melalui bagian bawah snorkel, yang membuatnya lebih mudah untuk membersihkan air dari snorkel. *Splash guard* (Gambar 47) berfungsi mencegah percikan air masuk ke dalam tabung snorkel sementara kita berenang di permukaan.



Gambar 47. *Purge valve* dan *Splash guard* (panah merah)

2.2.3. Fins

Fins adalah sepatu yang berselaput seperti kaki katak, sehingga biasa disebut juga kaki katak. Fungsi utama fins adalah menambah efisiensi dan mobilitas kita di dalam air, serta juga menambah laju pergerakan dengan usaha seminimal mungkin (Yusri, 2013). Kemampuan untuk bergerak efisien di dalam air sangat penting untuk keselamatan dan kenikmatan scuba diving. Dengan semua peralatan yang diperlukan untuk scuba diving, bahkan perenang terkuat akan sulit untuk berenang hanya menggunakan lengan dan kaki mereka. Untuk membuat berenang lebih mudah, kita akan memakai fins untuk meningkatkan luas permukaan kaki. Hal ini memungkinkan untuk menggunakan otot yang kuat di kaki untuk mendorong melalui air (<http://www.scuba-tutor.com/diving-equipment/index.php>).

Diving fins diciptakan untuk memberi kekuatan pada kaki dan merupakan piranti penggerak. Fins bukan diciptakan demi kecepatan renang. Seseorang penyelam berenang dengan gerak kaki lambat lagi santai, berarti menghemat tenaga dan tenang meluncur di bawah permukaan air. Seorang penyelam tidak boleh, kapan saja merasa sangat lelah di dalam air. Jika dia demikian, berarti ada sesuatu yang tidak beres. Otot kaki manusia merupakan otot terkuat dibanding dengan otot mana pun juga. Dengan bantuan fins maka kemampuan renang

seorang penyelam bertambah sepuluh kali lebih besar dibanding tanpa menggunakan fins. Ada dua jenis fins, yaitu: jenis Open Heel (Gambar 48) dan jenis Foot Pocket Fins. Jenis fins Open Heel harus memakai Boots.



Gambar 48. Fins jenis open heel dan jenis full foot

Pemilihan fins harus sesuai dengan ukuran kaki, jangan terlalu ketat dan sempit, sesuaikan tipe fins dengan keadaan dan keperluan. Jenis Full Foot Style /Foot Pocket cocok untuk kegiatan skin diving atau fins swimming, biasanya lebih fleksible, dengan letak lempeng lebih menyudut, yang menyebabkan kaki tidak mudah lelah. Ukuran besar-kecil merupakan hal yang lebih menentukan; lebih repot untuk dikenakan maupun mencopotnya untuk kegiatan scuba diving. Jenis Open Heel cocok untuk kegiatan scuba diving, biasanya berlempeng lurus, semi kaku dengan lempengan lebih panjang. Jenis ini memberikan kekuatan lebih besar,

namun membutuhkan waktu penyesuaian bagi otot-otot kaki. Open heel fins mempunyai kelebihan dalam hal kemudahan waktu mengenakan dan melepaskannya. Adjustable Open Heel paling cocok/sesuai untuk scuba diving di perairan karena dibuat mempunyai kantong yang cukup besar untuk kaki-kaki yang memakai boots (semacam kaos kaki terbuat dari karet), mempunyai lempengan yang lebih lebar untuk menghasilkan tenaga besar dan biasanya terdapat lobang-lobang alur air di bagian atas lempengan tersebut. Lobang alur air ini mengurangi kelelahan kaki yang disebabkan oleh daerah negatif pada lempengan (US Navy Diving Manual, 2005).

Boots (Gambar 49) merupakan sepatu boot yang dipakai pada saat penyelaman. Hal ini berguna menghindari cedera kaki sewaktu menyentuh dasar laut, karang, benda-benda keras seperti besi dll juga perlindungan terhadap kejang kaki disebabkan kedinginan dan kemungkinan kaki lecet. Boots dari karet busa dengan sol keras adalah jenis perlengkapan pelindung kaki yang umum dipakai penyelam, kaos kaki yang umum dipakai penyelam, kaos kaki tebal pun dapat digunakan sebagai pencegah lecet sewaktu latihan. Pemakaian boot juga dapat mengurangi cedera karena duri pari stingray walaupun tidak bisa mencegah tembusan durinya (US Navy Diving Manual, 2005).



Gambar 49. Boots untuk Fins Jenis Open Heel

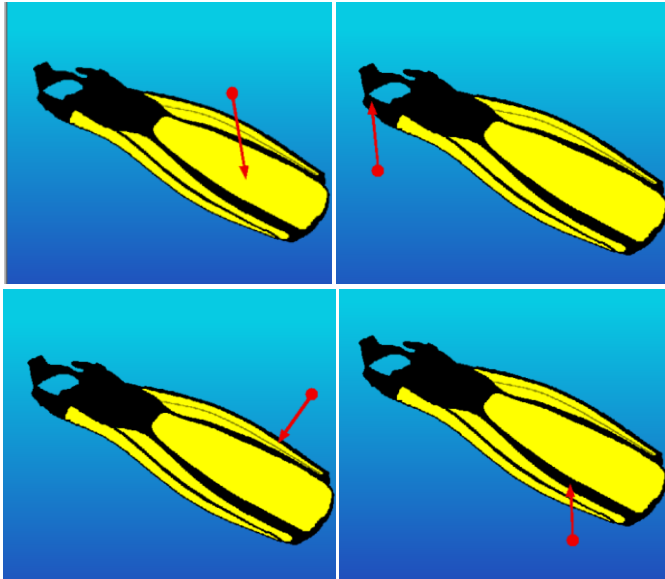
Setelah kegiatan penyelaman berakhir, peralatan yang kita pakai (masker, snorkel, fin, dan boot) perlu dibilas dengan air tawar. Pembilasan dengan air tawar berguna untuk menghilangkan garam-garam air laut yang melekat sehingga alat-alat berumur panjang. Setelah dibilas, alat cukup dikeringanginkan saja dan diletakkan di tempat teduh yang terlindung dari sinar matahari. Penjemuran di bawah sinar matahari dapat memperpendek umur alat-alat selam. Alat-alat yang telah selesai dibilas dan dikeringkan hendaknya disimpan di tempat yang sejuk dan tidak terhimpit (Gambar 50) sehingga bentuk dan elastisitas tetap terjaga (Yusri, 2013).



Gambar 50. Menyimpan fins dengan tidak menumpuknya
(<http://www.scuba-tutor.com>)

Fins telah mengalami banyak inovasi. Fins lebih dini terbuat dari karet kaku, sementara sebagian besar sirip modern sangat fleksibel. Meskipun desain sirip bervariasi menurut produsen, ada beberapa fitur umum dan komponen yang paling memiliki kesamaan. Fins blade adalah permukaan datar yang memanjang dari kantong kaki. Blades (Gambar 51) bervariasi dalam panjang, lebar, dan fleksibilitas. Kebanyakan penyelam lebih memilih blade yang fleksibel yang mengurangi ketegangan pada kaki. Semua heel-strap fins memiliki strap (Gambar 51) di belakang kantong kaki. Banyak Fins memiliki pelepas

cepat berupa gesper di setiap ujung strap untuk membuat yang mengenakannya lebih mudah memakai atau melepaskannya. Bagian lain dari fins adalah



Gambar 51. Blades dan heel-strap (panah atas) dan rail dan channels (panah bawah)

Kebanyakan fins dilengkapi saluran air sepanjang sirip. Saluran dapat sesederhana pembuluh darah yang menonjol dari permukaan fins, atau lebih canggih dengan alur karet fleksibel yang juga memungkinkan fins untuk menangkap air di atas blade. Fins tersedia dalam berbagai ukuran, sehingga perlu mencobanya untuk mengetahui

kesesuaiannya dan kenyamanannya sebelum melakukan pembelian. Fin yang terlalu longgar akan bergetar atau jatuh, kaki kram, atau menyebabkan kelelahan. Fins yang ketat akan menjadi tidak nyaman dan melepuhkan kaki

2.2.4. Peralatan Apung

Bouyancy Vest adalah perlengkapan penting yang digunakan seorang penyelam. Bouyancy Vest (Gambar 52) dipakai untuk keperluan:

- a. Untuk memberikan daya apung positif selama berenang di permukaan
- b. Untuk memberikan daya apung pada saat istirahat, atau menyangga seorang penyelam yang mengalami kecelakaan
- c. Untuk memberikan daya apung netral terkendali di dalam air yang diakibatkan oleh wetsuit atau collecting bag
- d. Untuk memberi seorang kemampuan dalam memberikan pertolongan. Pertolongan untuk diri sendiri, pertolongan bantuan, atau percobaan memberikan pertolongan.



Gambar 52. Bouyancy Vest (thescubadiverstore.com)

Pemilihan rompi apung harus sesuai dengan keperluannya dan cocok dengan ukuran badan. Rompi apung yang umum dipakai sekarang dari jenis BC (Bouyancy Compensator). Setelah menyelam, rompi mungkin kemasukan air, untuk itu tiuplah rompi apung kemudian balikkan ke arah bawah untuk mengeluarkan air melalui pipa peniup. Bilas dengan air tawar yang bersih di bagian luar, dan bilas dengan air hangat pada bagian dalamnya. Keringkan dengan diangin-anginkan, simpan dalam keadaan berisi udara (US Navy Diving Manual, 2005).

Perangkat kontrol daya apung, atau "BCD," digunakan untuk mengkompensasi pergeseran daya apung yang terjadi ketika kita mengubah kedalaman. Faktor yang paling signifikan dalam perubahan ini adalah wetsuit kita, yang menekan saat kita turun dan kembali ke ketebalan aslinya ketika kita naik.

BCD berisi kantong udara yang dipompa dengan udara dari tabung. Saat turun, kita menambahkan udara ke BCD untuk mengkompensasi hilangnya daya apung wetsuit kita. Kemudian, ketika naik, kita melepaskan udara untuk mencegah pengembangan udara di dalam kantong BCD, yang dapat laju kenaikan kita terlalu cepat, tidak terkendali

Kita juga menggunakan BCD untuk mempertahankan daya apung positif sementara di permukaan. Hal ini memungkinkan untuk beristirahat di permukaan sebelum dan setelah menyelam, dan juga selama berenang di permukaan. BCD modern ini juga dilengkapi dengan strap untuk mengamankan tabung, dan banyak memiliki kantong untuk sambil menyimpan barang-barang kecil.

Penyesuaian apung dicapai dengan mengembungkan dan mengempiskan kantong udara. Kantong udara ini harus terbuat dari bahan yang tahan lama untuk mencegah tusukan atau kerusakan terlalu dini.

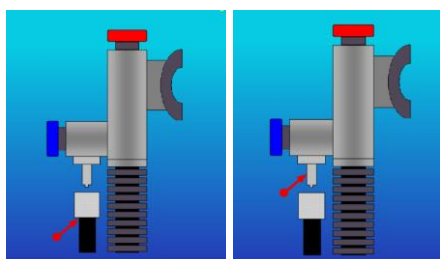
BCD harus memiliki katup overpressure. Hal ini untuk mengeluarkan udara dari kantong udara akibat kelebihan tekanan. Katup ini sebagai ventilasi untuk mencegah pecahnya atau over-inflasi pada BCD. Katup ini juga kadang-kadang disebut sebagai "katup sampah/dump valve".

Power inflator menggunakan udara dari silinder penyelam untuk mengembangkan BCD, dan udara memasuki ke kantong BCD melalui selang inflator yang fleksibel. Kebanyakan BCD memiliki katup overpressure di dasar selang inflator, dan ini dapat secara manual diaktifkan dengan menarik inflator lurus ke arah bawah (Gambar 53). Power inflator adalah salah satu komponen BC paling penting bagi kita agar menjadi terbiasa dengannya. Sementara semua merek memiliki penampilan yang berbeda-beda, semua berbagi desain yang mirip dan fitur-fitur yang penting

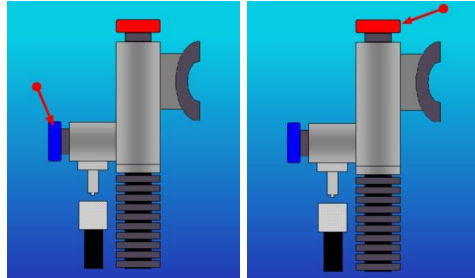


Gambar 53. Bagian-bagian pada BCD (<http://www.scuba-tutor.com/diving-equipment/buoyancy-control/index.php>)

Power inflator pada BCD dikoneksikan dengan selang tekanan rendah (low-pressure hose). Udara yang dialirkan pada selang tekanan rendah berasal dari regulator tabung selam yang dikoneksikan pada air inlet (Gambar 54). Menekan tombol inflator dapat menambahkan udara ke BC. Power inflator memiliki dua tombol. Tombol inflator adalah tombol yang selalu paling dekat dengan inlet udara, sedangkan tombol deflator letaknya agak berjauhan, dan dekat dengan mouthpiece (Gambar 55). Deflator/tombol oral inflator memiliki dua fungsi. Pertama, menekan tombol ini sambil memegang power inflator lebih tinggi dari BC akan mengeluarkan udara dari kantong BC. Fungsi kedua adalah untuk inflasi oral. Menekan tombol ini sambil meniup ke dalam mouthpiece memungkinkan kita untuk mengembang BC secara oral pada saat terjadi gagal inflator atau kita kehabisan udara.

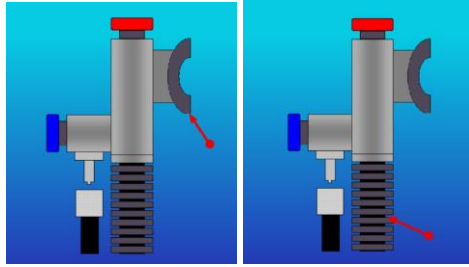


Gambar 54. Low-pressure hose dan air inlet pada power inflator (panah merah)



Gambar 55. Tombol inflator (panah merah kiri) dan deflator (panah merah kanan)

Mouthpiece (Gambar 56) digunakan untuk mengembang BC secara oral jika power inflator gagal memasukkan udara ke kantong BC atau kita kehabisan udara di tabung selam. Untuk menggunakan inflator oral, tekan deflator/ tombol inflator oral (tombol merah dalam contoh ini) dan meniup ke mouthpiece. Lepaskan tombol sebelum mouthpiece mengeluarkan kembali udara yang telah kita tiup. Bagian lainnya yang penting pada BC adalah Inflator/Deflator Hose. Inflator/Deflator Hose (Gambar 56) menempel pada power inflator BC. Fungsinya adalah mengalirkan udara ke dan dari kantong BC jika kita memasukkan dan mengeluarkan udara dari kantong BC.



Gambar 56. Mouthpiece dan Inflator/Deflator Hose

Ada dua bentuk yang umum BCD yang tersedia saat ini. Kedua bentuk tersebut ditemukan dengan bentuk dasar yang sama, namun berbeda dalam hal letak kantong udaranya. Bentuk BCD tersebut adalah “Jacket Style” dan “Back Inflation” (Gambar 57). Jacket Style adalah bentuk BCD yang paling populer. Dengan bentuk ini, kantong udara membungkus kedua sisi tubuh kita. bentuk ini sangat populer karena membantu mempertahankan posisi vertikal saat penyelam beristirahat di permukaan. Namun, ketika kantong udara sampai penuh, Jacket Style BCD dapat menghimpit penyelam, sedangkan Back Inflation BCD, seluruh kantong udara terletak di belakang penyelam. Ini berarti bahwa tidak peduli berapa banyak udara di dalam kantong udara, BCD terasa pas dan tanpa menghimpit si penyelam. Namun, dengan bentuk seperti ini sulit mempertahankan posisi vertikal bagi penyelam



Gambar 57. Jacket style BCD dan Back Inflation BCD

Sebuah fitur populer yang tersedia pada banyak BCD saat ini adalah pemberat terintegrasi di kantong BCD (Gambar 58). Fitur ini memungkinkan untuk menempatkan beberapa atau semua pemberat di BCD, bukan pada pemberat sabuk (weight belt). Pemberat yang terintegrasi dengan BCD menggunakan kantong yang dirancang untuk memungkinkannya pemberat cepat keluar (quick-release pockets) jika terjadi keadaan darurat. Mekanisme pengeluarnya bervariasi antara satu produsen dengan produsen lainnya, oleh karena itu penting bagi penyelam dan buddy-nya untuk mengetahui cara mengeluarkannya dengan cepat sebelum mereka melakukan penyelaman.



Gambar 58. Pemberat yang terintegrasi dengan BCD memiliki quick-release pockets

Memilih ukuran BCD yang tepat sangat penting untuk kenyamanan dan keselamatan. BCD harus sesuai dan cocok dengan tubuh kita untuk memastikan kenyamanan selama menyelam (Gambar 59). BCD yang terlalu ketat akan membatasi gerakan dan pernapasan, sedangkan BCD yang longgar akan terlepas dari punggung pada saat kita menyelam, dan menyembul ke permukaan saat kita sedang beristirahat di permukaan. Kita juga harus mempertimbangkan kapasitas daya angkat/daya apung BCD, yang berkaitan dengan volume udara pada BCD setelah dipompa penuh. Sebagai aturan umum, BCD harus memiliki cukup kapasitas daya

angkat/daya apung untuk mengangkat sabuk berat, badan dan tabung yang penuh.



Gambar 59. Mencoba BCD agar sesuai dan cocok dengan, tubuh Penyelam (<http://www.scuba-tutor.com/diving-equipment/buoyancy-control/selecting-bcd.php>)

Seperti pada peralatan selam lainnya, kita harus membilas weight belt dan BCD dengan air tawar setelah penyelaman berakhir. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan kristal garam, pasir, dan bahan organik yang dapat merusak peralatan selam selama penyimpanan. Pada kondisi normal, saat kita menyelam sejumlah kecil air masuk ke dalam kantong udara BCD, sehingga bagian dalam BCD harus dibilas begitu juga bagian luarnya. Untuk membilas bagian dalam kantong

udara BCD, tahan tombol power inflator dan selanjutnya masukkan air melalui moutpiece. Setelah itu, goyang-goyangkan BCD agar Kristal-kristal garam dan juga kotoran-kotoran yang menempel di dinding kantong udara bagian dalam terbilas dengan baik. Kemudian balikkan BCD agar power inflator letaknya di bawah, selanjutnya tekan tombol deflator agar air keluar melalui mouthpiece (Gambar 60). Untuk menyimpannya, BCD sebaiknya digantung menggunakan gantungan yang kuat dengan posisi BCD terbalik, agar air di dalam kantong udara keluar habis, dan akhirnya menjadi kering. Jangan menggantung BCD pada kondisi terkena matahari langsung dan pada tempat yang panas dan pengap.



Gambar 60. Cara membilas kantong udara BCD

2.2.5. Peralatan Keamanan (Safety Equipment)

2.2.5.1. Pisau

Pisau selam (Gambar 61) adalah piranti keamanan dan piranti kerja. Pisau digunakan untuk memberi isyarat di dalam air, untuk membantu melepaskan penyelam jika ia terjatoh atau digunakan sebagai piranti pengungkit, palu, dan sebagainya.

Pisau selam terbuat terbuat dari logam heavy duty stainless dan biasanya terpasang di betis bagian dalam. Pisau selam harus mempunyai sisi potong dan sisi bergerigi bagaikan gergaji.



Gambar 61. Pisau selam yang memiliki sisi potong dan sisi Bergerigi (<http://www.thescubadiverstore.com>)

2.2.5.2. Sarung Tangan

Hampir semua penyelam di daerah penyelaman menggunakan sarung tangan sebagai pelindung tangan. Tangan penyelam akan menjadi lembut jika terendam air

dan goresan luka di tangan sukar dihentikan pendarahannya. Sarung tangan (Gambar 62) dapat terbuat dari kain, lapisan plastic, dan foam neoprene. Semua jenis sarung tangan memberi perlindungan terhadap karang, batu, dan air dingin.



Gambar 62. Sarung Tangan Selam

2.2.5.3. Pakaian Pelindung

Kehilangan panas badan adalah kondisi yang berbahaya untuk penyelam walaupun dia menyelam di perairan yang dianggap panas. Kehilangan panas badan terjadi 25 kali lebih cepat di dalam air dibandingkan di udara dengan suhu yang sama panasnya.

Penggunaan pakaian selam dapat memperlambat kehilangan panas tubuh karena adanya air hangat antara pakaian selam dan kulit serta melindungi tubuh dari goresan karang maupun sengatan kehidupan laut. Jenis pakaian selam terdiri: (a) Wet suit: bagian baju dapat basah oleh air, tapi menghalangi sirkulasi air yang ada antara pakaian selam dan kulit; dan (b) Dry suit: terbuat dari

bahan karet dan mempunyai ruang udara antara pakaian selam luar dan dalam yang berfungsi sebagai insulator (US Navy Diving Manual, 2005).

a. Dry Suit

Seorang penyelam dalam suhu air kurang dari 75° F memerlukan pelindung dari suhu dingin tersebut. Di mana lalu dikenal Dry Suit (Gambar 63) yang menggunakan bahan pelapis di dalamnya dari wool dan kapas. Dry Suit semacam ini sulit dirawat, karena keusangan, robek dan goresan-goresan dapat membuat air membasahi seluruh pelapis yang mengakibatkan si penyelam menjadi sangat negative di dalam air.



Membrane Drysuit



Urethane Drysuit



Neoprene Drysuit

Gambar 63. Tiga Jenis dan Bentuk Dry Suit

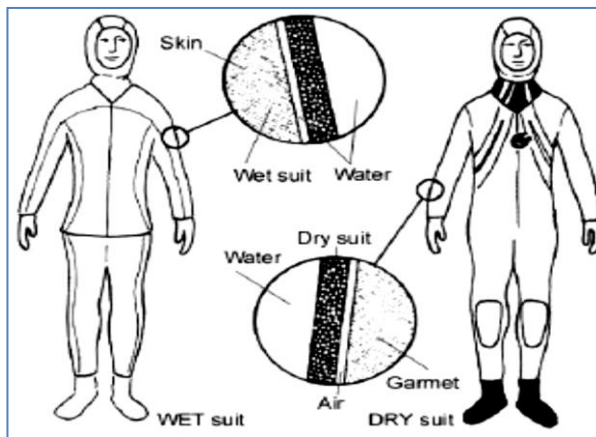
b. Wet Suit

Pakaian pelindung penyelam yang kini umum dipakai adalah Foam Neoprene Wet Suit (Gambar 64 dan Gambar 65), terbuat dari bahan karet neoprene yang mempunyai gelembung-gelembung busa berudara. Bahan ini tidak menyerap air. Tebal bahan yang umumnya populer digunakan adalah $\frac{3}{16}$ inch dan $\frac{1}{4}$ inch, berupa jaket dan celana dengan sarung kepala, boots, dan sarung tangan sebagai pelengkap tambahan



Gambar 64. Jenis dan bentuk wet suit

Pemilihan pakaian selam harus sesuai dengan ukuran tubuh dan kebutuhan saat penyelaman. Di daerah yang dingin sebaiknya memakai jenis dry suit, karena dapat membuat badan penyelam tetap hangat. Pakaian pelindung penyelam yang kini umum dipakai adalah Foam Neoprene Wet Suit, terbuat dari karet neoprene yang mempunyai gelembung-gelembung busa berudara. Bahan ini tidak menyerap air dan dibuat dalam berbagai ukuran ketebalan bahan. Jagalah kelenturan dengan tidak menyikat baju sewaktu mencuci, cukup direndam dengan deterjen. Keringkan dengan tidak terkena sinar matahari langsung (US Navy Diving Manual, 2005).



Gambar 65. Perbedaan Wet Suit dan Dry Suit

Exposure Suits

Suhu air merupakan salah satu perhatian terbesar bagi mereka yang akan menyelam di perairan dingin. Beberapa orang, dengan melihat penyelam di dalam perairan yang dingin sudah cukup untuk mengakibatkan untuk menggigil diri mereka! Tapi jika Anda berencana menyelam di perairan hangat pada daerah tropis, kehilangan panas adalah ancaman nyata kecuali Anda mengenakan setelan yang tepat untuk mempertahankan panas tubuh Anda.

Menjaga Panas Tubuh Penyelam

Mengapa Divers mengenakan pakaian selam Exposure ?

Kehangatan adalah salah satu faktor utama yang berkontribusi terhadap kenikmatan penyelam. Visibilitas yang luar biasa atau keanekaragaman hayati tidak akan diperhatikan dan dinikmati jika penyelam sedang terburu-buru untuk keluar dari air untuk Mendapatkan rasa hangat.

Kehangatan juga merupakan faktor keamanan utama. Panas diatur oleh kulit kita walaupun kita berada pada lingkungan yang lebih dingin dari suhu kulit kita. Hal Ini jarang menjadi masalah bagi kita di darat karena tubuh kita dapat menghasilkan panas

yang cukup dengan cepat untuk mempertahankan suhu tubuh. Bagaimanapun, pengantar panas dari tubuh kita 25 kali lebih cepat dibandingkan dengan udara. Ini berarti bahwa tanpa perlindungan termal, tubuh kita dapat kedinginan dalam air yang lebih dingin dari suhu kulit kita.

Memilih Exposure Suit

Tujuan utama dari exposure suit adalah untuk menjaga penyelam tetap hangat, sehingga suhu air merupakan faktor utama yang perlu dipertimbangkan ketika memilih pakaian. Untungnya bagi kita, exposure suit yang sesuai tersedia untuk setiap kondisi suhu air.

Faktor lain harus dipertimbangkan juga. Misalnya, Anda akan merasa kedinginan jika Anda tinggal diam untuk waktu yang lama, jadi jika Anda berencana untuk berpartisipasi dalam kegiatan penyelaman dalam gerakan yang lambat maka Anda mungkin membutuhkan setelan hangat. Atau mungkin Anda lebih sensitif daripada yang lain dan keinginan lebih melindungi.

Skin Suit

Skin suit dibuat dari bahan tipis seperti nilon dan karet neoprene tipis. Mereka menyediakan sedikit

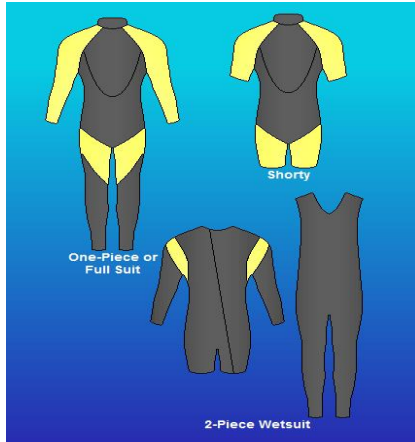
atau tidak ada perlindungan termal, tetapi sangat efektif untuk melindungi kulit Anda. Untuk alasan ini, mereka tepat ketika suhu air tidak memerlukan perlindungan termal tetapi Anda masih ingin memakai pelindung kulit



Gambar 66. Skin Suits tipis, cahaya, dan fleksibel yang melindungi kulit dari sengatan matahari, luka, dan sengatan



Gambar 67. Wetsuit harus sesuai nyaman tetapi nyaman untuk meminimalkan aliran air.



Gambar 68. Jenis Wet Suit

Ketebalan Wetsuit

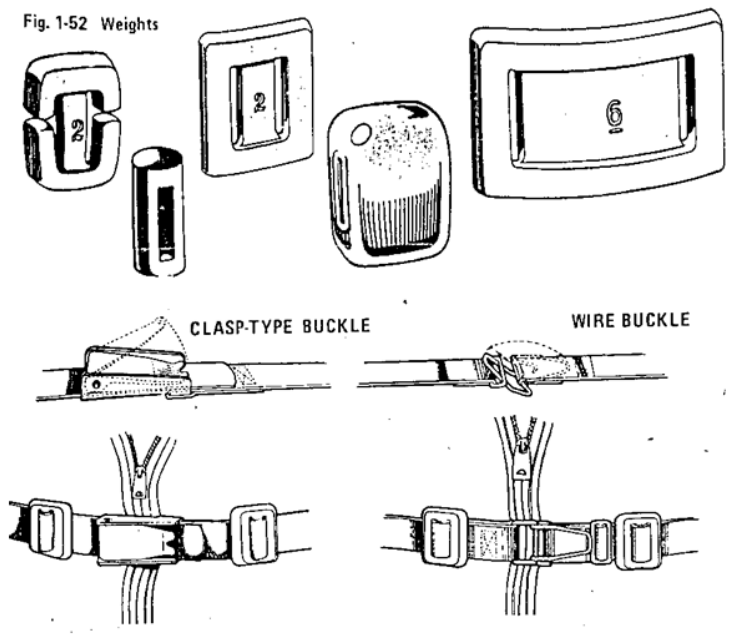
Pakaian selam yang tersedia dalam berbagai ketebalan. Semakin tebal neoprene, lebih hangat gugatan akan. Untuk alasan ini, penting untuk memastikan Anda memakai cukup untuk membuat Anda hangat, tetapi tidak cukup untuk menyebabkan overheating. Yang paling umum adalah ketebalan 3 mm, 5 mm, dan 7 mm. 3 dan 5-mm setelan yang populer untuk menyelam air hangat, sementara mereka dalam air dingin biasanya lebih memilih 7-mm setelan.

2.2.5.4. Sabuk Beban (Weight Belt)

Tubuh manusia akan mendapat daya apung ke atas di dalam air sebesar 6 pound atau lebih. Wet suit yang terbuat dari neoprene akan menambah daya apung lebih besar 5 sd 25 pound, maka seorang penyelam untuk dapat dengan mudah masuk ke dalam air membutuhkan pemberat. Jenis Sabuk Pemberat ada dua, yaitu: (a) Weight Belt: sabuk yang diberi pemberat timah diatur sesuai kebutuhan, dan (b) Weight Pack: jarang digunakan karena tidak dapat dilepas bila terjadi keadaan darurat (US Navy Diving Manual, 2005).

Weight Belt diperlukan guna mengatur buoyancy/daya apung masing-masing penyelam yang berbeda dari orang ke orang. Weight Belt (Gambar 26) yang umum dipakai adalah selebar 2 inch dan dibuat dari anyaman nylon. Weight Belt harus cukup pas dipakai untuk mencegah memutar dipinggang penyelam atau terlepas ke bawah melalui kedua kakinya sehingga terhalang mengenakan kakinya untuk berenang. Pemberat timah diletakkan pada posisi kiri dan kanan pinggang. Cegah sedemikian rupa agar pemberat tidak meluncur ke dekat buckle yang berakibat terbukanya buckle dengan tidak sengaja dan tidak dikehendaki. Jika semua pemberat timah sudah terpasang dan jika masih ada kelebihan panjang pada sabuk, kelebihan tersebut harus dipotong, panjang sabuk yang tersisa cukup 6 inch. Ujung yang

dipotong kemudian digarap dengan api agar tidak semrawut pada ujung-ujungnya.



Gambar 74. Weight belt (sabuk dan timahnya)

Sabuk pemberat yang paling umum dipakai oleh penyelam adalah weight belt. Jika memakai wet suit setebal 3/16 inch biasanya membutuhkan timah seberat 10 % dari berat tubuh. Weight belt harus dilengkapi dengan Quick Release Buckle, yaitu suatu gesper pengancing yang dapat dilepas secara cepat. Cara pemakaian weight belt

dipasang paling terakhir dan paling pertama dilepas, jika dalam keadaan darurat (US Navy Diving Manual, 2005).



Gambar 76. Pemberat pada tubuh penyelam

2.2.5.5. Gear Bag (Tas Kemas)

Penyelam memerlukan tas yang akan memuat semua perlengkapan selam, agar terkumpul, tidak berserakan dan terlindung dari terik matahari. Tas demikian disebut gear bag (Gambar 79) dan dijual dive shop.



Gambar 79. Beberapa jenis gear bag (www.scuba.com/)

Gunakan gear bag yang besar yang bisa mengangkut peralatan selam selama di perjalanan maupun di boat. Tas ini harus kuat dan tahan air karena kondisi medan penyelaman biasanya jauh dan basah. Pilihlah tas selam yang bisa memuat fin, snorkel, masker, serta Bouyancy Compensator. Gunakan pembukaan menggunakan tipe metal, hindari penggunaan tas dengan resleting (US Navy Diving Manual, 2005).

III. PERALATAN SELAM SCUBA

3.1. Selam SCUBA

Scuba singkatan dari *Self Contained Under Water Breathing Apparatus*, yaitu suatu peralatan selam yang dapat dibawa penyelam kemana saja dengan waktu tertentu. Scuba mulai dikenal pada tahun 1943, diperkenalkan oleh seorang perwira Angkatan Laut Perancis yang bernama Jacques Cousteau dan seorang insinyur yaitu Emile Gagnan. Sistemnya dikenal dengan nama Aqualung. Aqua artinya air dan Lung adalah paru-paru.

Perlengkapan scuba menurut sistem kerjanya dibagi menjadi 4 sistem, yaitu: (a) Sistem Sirkulasi Tertutup: suatu sistem yang menggunakan zat asam/oksigen murni dilengkapi penyerap kimia untuk menghalau zat asam arang/CO₂ yang keluar dari paru-paru. Unit ini pada hakekatnya meniupkan kembali O₂ membuang udara ke dalam air. Ini merupakan suatu sistem tertutup sama sekali. Unit ini digunakannya terbatas hingga kedalaman 33 feet. Penggunaan SCUBA jenis ini dituntut keahlian tertentu karena sangat berbahaya; (b) Sistem Sirkulasi Terbuka: terdiri dari *Demand Regulator* dan Tabung Udara yang dimampatkan (*Compressed Air Tank*) adalah jenis alat scuba yang pada saat ini merupakan alat yang paling

aman dipergunakan. Udara yang dimampatkan disalurkan melalui regulator ke penyelam, dan udara yang telah dihisap dibuang langsung ke air tanpa dipergunakan lagi;

(c) Sistem Sirkulasi Semi Tertutup: dipakai untuk operasi militer dan merupakan kombinasi dari sistem-sistem sirkuit terbuka dan tertutup. Sistem ini mempunyai kantong udara, kotak kimiawi, regulator dan tabung udara yang dimampatkan. Sistem ini memungkinkan penyelam militer untuk bekerja pada kedalaman dan jangka waktu yang lama. Sistem ini memerlukan pemanasan yang khusus serta membutuhkan peralatan pendukung yang khusus pula, hingga unit ini jarang dipakai umum;

(d) Sistem Gas-Campuran Sirkulasi Tertutup: sistem ini sangat rumit, memerlukan pemeliharaan khusus dan cukup mahal. Unit ini mempunyai kantong pernafasan, kotak kimiawi dan suatu alat elektronis penyaring oksigen yang dapat mengontrol jumlah O₂ pada kedalaman lebih dari 1.000 feet, yang memberikan cukup udara untuk turun dan naik kembali ke permukaan untuk pekerjaan-pekerjaan ilmiah dalam penggunaannya memerlukan latihan yang sangat khusus (US Navy Diving Manual, 2005).

3.2. Tabung Selam

Tabung scuba (Gambar 80) dirancang secara khusus dan ditest untuk dapat menampung udara bertekanan tinggi. Udara yang diisikan dalam tabung adalah udara

biasa yang disaring bukan oksigen murni, yaitu udara yang biasa dihirup setiap hari. Udara lebih ringan dibandingkan air, pengaruh tersebut dapat berakibat pada tabung yang berisi udara. Sebuah tabung yang berisi udara penuh mempunyai daya apung yang lebih besar dibandingkan pada tabung yang tekanannya sudah berkurang. Ini dapat terasa bila penyelam scuba yang selesai melakukan penyelaman akan berkurang daya apungnya karena udara tabung sudah berkurang.



Gambar 80. Beberapa Jenis dan Bentuk Tabung Selam

Hal-hal yang perlu diperhatikan terkait perawatan tabung menurut US Navy Diving Manual (2005) adalah: (a) jangan mengisi melebihi tekanan izin tabung; (b) isi tabung dengan udara bersih; (c) setelah penyelaman bilas dengan air tawar yang bersih. Sebuah baskom plastik besar berisi air kira-kira 2/3 nya sangatlah ideal untuk mencuci semua alat-alat. Perendaman yang lama akan melepaskan garam yang mengering dan mengendap daripada hanya penyiraman saja; (d) tutup lubang agar terhindar dari kotoran; (e) lakukan pemeriksaan visual tiap 1 tahun sekali /lebih sering terutama tabung yang sering dipakai di laut. Sesekali sepatu tabung dilepas untuk dibersihkan dari kotoran atau karat yang terbentuk; (f) lakukan test hidrostatis tiap 5 tahun sekali pada badan yang berwenang; (g) lindungi terhadap benturan; (h) jangan memakai tabung sampai udaranya habis sama sekali; (i) penyimpanan jangka panjang, isi dengan udara segar, letakkan tabung secara tegak berisi 500 psi bertumpu pada sepatu tabung (tank boots) pada bagian bawah tabung; (j) jangan menyimpan di tempat yang panas karena bisa meningkatkan tekanan tabung; (k) jangan menghilangkan cat dengan membakar.

3.2.1. Macam-Macam Tabung

3.2.1.1. Tabung Baja 71.2 CuFt

Standar tabung baja adalah 25 inch panjang, mempunyai berat kira-kira 30 lbs bila kosong, dan direncanakan sedemikian rupa sehingga melayang di air laut. Bila udara dimampatkan ke dalam tabung sampai tekanan maksimum sebesar 2250 psi. Lapisan luar tabung yang terbuat dari baja lebih baik digalvanisasi untuk menghindarkan karat, kemudian diberi lapisan vinyl atau diwarnai dengan cat. Untuk lapisan tabung baja agar dijaga kelembaban guna menghindarkan dari karat

3.2.1.2. Tabung Alumunium 3000 Psi, 80 CuFt

Pada saat ini merupakan silinder alumunium berukuran terbesar. Beratnya kira-kira 33 lbs, panjang 26 inch. Garis tengah yang agak besar (7.25 inch) memerlukan penyanggah pendukung yang sesuai. Pada tekanan lebih rendah 2475 psi tabung berisi lebih kurang 65 CuFt udara bebas. Untuk tabung yang terbuat dari alumunium tidak membutuhkan galvanisasi karena adanya oksida alumunium itu sendiri yang merupakan suatu proteksi. Untuk tabung alumunium juga dihindarkan dari kelembaban walaupun dilapisi dengan alumunium oksida.

3.2.1.3. Tabung Aluminium 3000 Psi, 50 CuFt

Tabung ini lebih pendek, panjangnya hanya 19 inch, berisi 50 CuFt pada 3000 Psi. Pada tekanan 2475 Psi tabung akan memuat 42 CuFt. Tabung berbobot netral bila kosong, dan kurang 3.5 lbs bila penuh. Lakukan tes visual tiap 1 tahun atau 2 kali untuk tabung yang sering dipakai di laut.

Untuk mengetahui tabung terbuat dari bahan apa, dari pabrik mana, kekuatan penampungan udara, test hidrostatis terakhir, dll, harus membaca sidik-sidiknya yang terdapat pada leher tabung.

Penjelasan Sidik pada Tabung Selam

Tabung Baja	Tabung Aluminium
DOT/CTC-3AA-2250+	DOT-3AL-3000
12345 PST 6.88	P.353465 LUXFER 7.83 H. 7 .88

Artinya
DOT: *Departement of Transportation* yaitu badan yang berwenang di AS yang mengawasi peredaran tabung gas bertekanan.
CTC: *Canadian Transportation Comission*
3AA: Jenis logam, 3AA adalah logam baja.
2250: Tekanan yang dapat disisikan pada tabung (psi).
+ : dapat ditambah 10 % pengisian yang diijinkan.
12345 : Nomor seri tabung.
PST: Pabrik yang mengeluarkan (tidak berarti memproduksi)
6.88 : Waktu test hidrostatis

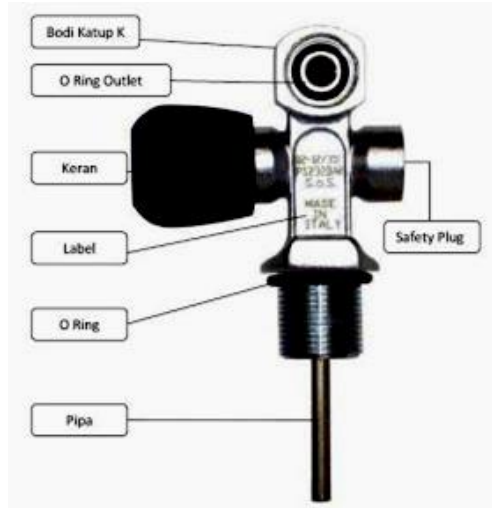
Artinya
DOT : sama dengan baja
3AL : Kode logam aluminium
3000 : Ijin pengisian tekanan 3000 psi
P.353465 : Nomor seri tabung LUXFER : Pabrik yang mengeluarkan
7.83 : test hidrostatis pertama
H.7.88 : test hidrostatis terakhir

P : 80 cuft Y: 71,2 cuft

Gambar 81. Penjelasan sidik pada tabung selam (Paradise Padjajaran Diving Society, 2013)

3.2.2. Katup Tabung

Ada dua jenis katup tabung yang dipakai pada tabung selam, yaitu: jenis Non Reserve "K" Valve (Gambar 82) dan jenis cadangan "J" (Gambar 83). Katup "K" tanpa cadangan, adalah katup yang mudah ditutup, membuka diputar ke kiri dan menutup diputar ke kanan, sedangkan katup "J" memiliki cadangan. Bila tekanan tabung menurun sampai kira-kira 300 Psi, pegas akan menutup katup dan menimbulkan kontraksi dalam pengadaan udara untuk bernafas. Penyelam dengan meraih ke belakang dan menarik ke bawah batang yang tersambung pada katup cadangan pada sisi kiri tabung, dapat melepaskan pegas katup kembali, yang berakibat mengalirnya sisa terakhir untuk dipakai. Katup cadangan dapat menyediakan udara cukup bagi si penyelam untuk naik dari kedalaman dengan aman. Batang penarik cadangan harus selalu dalam keadaan posisi naik (up position) walaupun dalam keadaan kosong.



Gambar 82. Katup tabung tipe K (tanpa cadangan)



Gambar 83. Katup tabung tipe J (dengan cadangan)

Penanganan dan perawatan katup menurut US Navy Diving Manual (2005) mencakup hal-hal sebagai berikut: (a) hindarkan dari benturan karena katup mudah patah; (b) untuk katup K bila pengisian cadangan turun maka isilah sampai sisa 500 psi; (c) periksa selalu O-ringnya; (d) bila membuka suatu katup, putarlah ke arah buka sampai habis, kemudian putar kembali ke arah tutup setengah putaran, hal ini untuk menghindari kemacetan atau kerusakan pada katup tabung. Bila akan menutup katup tabung, lakukanlah secara halus namun rapat dan tidak perlu keras-keras., sebab kebanyakan katup menggunakan nilon yang dapat rusak bila ditutup secara paksa dan kuat-kuat; (e) apabila ingin melakukan pengujian visual, maka tabung harus dikosongkan perlahan-lahan untuk menghindari pengembunan di sekeliling katup dan leher tabung bila kosong; (f) jangan sekali-kali membubuhi lemak atau pelumas apapun pada katup. Bengkel perbaikan dan pemeliharaan hanya menggunakan minyak pelumas silikon anti meledak; (g) untuk mengadakan test visual harus melepaskan katup dari tabung dengan cara pada katup dijepit dengan alat penjepit (tangdem). Kemudian tabungnya diputar dengan alat bantu dari tali atau rantai. Bila sudah terlepas periksa keadaan O-ringnya.

3.2.3. Cincin Pendedap O (O ring)

Adalah sebuah alat penahan kebocoran antara sambungan regulator dan valve, berbentuk O terbuat dari karet/silikon. O-ring karet (gelang karet berbentuk O) yang kecil terletak pada permukaan katup membuat suatu kedap tekanan tinggi antara regulator dengan katup tabung. Bawalah selalu persediaan O-ring dalam tas perlengkapan selam, sebab apabila O-ring tersebut hilang maka regulator anda tidak dapat dipakai.

3.2.4. Safety Plug/Safety Disc

Safety Plug/Safety Disc adalah sumbat/pelat pengaman yang kecil bentuknya. Terpasang pada valve (katup), akan pecah apabila tekanan melebihi tekanan maksimal tabung. Hal ini untuk menghindari tabung meledak. Letak pelat ini belakang katup tabung, berfungsi mencegah kerusakan pada saat pengisian udara yang berlebihan atau apabila terjadi kebakaran. Contoh tekanan pengisian yang dapat merusakkan pelat pengaman adalah sebagai berikut:

1800 Psi akan pecah pada tekanan 2800 Psi

2250 Psi akan pecah pada tekanan 3400 Psi

3000 Psi akan pecah pada tekanan 3900 Psi

Pada keadaan tertentu pelat (lempengan tipis) dapat pecah pada tekanan yang rendah. Hal ini terjadi akibat pengisian yang terlalu cepat atau pengisian panas tanpa

merendam tabung dalam air. Pelat-pelat pengaman ini dapat diganti pada fasilitas bengkel perbaikan alat selam

Scuba Tanks

Scuba adalah suatu alat pernafasan bawah air yang dibawa sendiri oleh penyelam. Alat ini dirancang agar dapat menyuplai penyelam dengan udara biasa, bersih, dan kering yang tekanannya sama dengan tekanan air di sekitarnya.

Bagian-bagian dari scuba: Tabung Selam

Terdiri dari satu unit atau dua unit silinder logam yang biasanya dibawa pada punggung penyelam. Silinder logam ini berisi udara tekan yang biasanya bertekanan antara 2500 psi – 3000 psi. Terdapat Regulator yang berfungsi mengurangi tekanan tabung silinder ke pipa pernafasan, pada saat peralihan udara tersebut tekanan udara biasanya dikurangi sehingga 90-105 psi diatas tekanan air sekitarnya.

Sidik-sidik Tabung Buatan Amerika

Semua tabung bertekanan tinggi buatan Amerika diharuskan mempunyai tanda khusus yang tertera di sekeliling bahu tabung untuk memperlihatkan pemenuhan peraturan yang dikeluarkan oleh Departemen of

Eksplosives and the department of Transportation (DOT)/
(dahulu : the Interstate commerce Commission- ICC)

Contoh DOT

3AA : Klas dan macam bahan tekanan tinggi (Chrome
Molybdenum Steel)

2250 : tekanan kerja maksimum (psi)

1+74 : Januari 1974. (+) Tabung dapat diisi lebih 10% dari
tekanan maksimum.

Macam-Macam Tabung

Tabung terdiri dari satu unit atau dua unit selinder logam yang biasanya dibawa pada punggung penyelam. Selinder logam ini berisi udara tekan yang biasanya bertekanan 2500 – 3000 psi.



Tabung terdiri atas :

- Tabung Baja 71,2 CUFT
- Tabung Aluminium 3000 psi, 72 CUFT
- Tabung Aluminium 3000 psi, 80 CUFT
- Tabung Aluminium 3000 psi, 50 CUFT



Gambar 84. Jenis Tabung Penyelaman

TABUNG BAJA 71,2 CUFT

Standar Tabung baja adlah 25 inch panjang, mempunyai berat kira-kira 30 lbs, bila kosong, dan direncanakan sedemikian rupa sehingga melayang di air laut.

Bila udara dimanipulasi atau dipompakan kedalam tabung sampai tekanan maksimum sebesar 250 psi, itu berarti kira-kira 65 cuft udara bebas (64,7 cf) yang ditampung. Bila tabung diisi sampai melampaui 10% yaitu 2475 psi, berarti udara bebas yang ditampung 71,2 cuft feet. Tabung ini biasanya disebut : Tabung Selam Standar 71 Cubic Foot (71 Cubic Foot Standart Diving Tank).

TABUNG ALUMINIUM 3000 PSI 72,0 CUFT

Tabung alumunium 3000 psi Cubic Foot panjangnya 26 inch, dan beratnya 30 lbs. Tabung ini berbobot netral dalam air laut. Kapasitas tabung adalah 72,0 cubic feet pada tingkat tekanan maximum 3000 psi. Pada tekanan 2475 PSI tabung akan berisi lebih kurang 60 cubic udara bebas.

TABUNG ALUMINIUM 3000 PSI 80,0 CUFT

Pada saat ini merupakan silinder alumunium berukuran terbesar. Beratnya kira-kira 33 lbs, panjang 26 inch. Garis tengah yang agak besar (71/4 inch) memerlukan penyangga pendukung yang sesuai. Pada tekanan lebih rendah kurang 65 kubik feet udara bebas. Silinder-silinder alumunium ini hanya memerlukan pemeliharaan yang sedikit di samping pembersihan.

TABUNG ALUMINIUM 3000 PSI, 50 CUFT

Tersedia pula sebuah tabung aluminium yang lebih pendek 19 inch, berisi 50 cuft pada 3000 psi. Pada tekanan 2475 psi tabung akan memuat 42 cubic feet. Tabung berbobot netral bila kosong, dan kurang dari 3 ½ lbs bila penuh.

Katup Tabung

Kita punya dua buah standar tabung yang dipakai pada tabung penyelam.

Non Reserve K Valve

Katup "K" tanpa cadangan, adalah katup yang mudah ditutup, membuka diputar ke kiri dan menutup diputar ke kanan dan CONSTANT

Katup Cadangan "J"

Katup cadangan Reserve "J" Valve. Katup "J" cadangan tetap yang membuka dan menutup sama seperti katup "K" tetapi dilengkapi perlengkapan mekanisme cadangan pada tekanan 300 psi. ini adalah katup cadangan dengan pegas yang terbuka karena tekanan tabung. Bila tekanan tabung menurun sampai kira-kira 300 psi pegas akan menutup katup dan menimbulkan kontraksi dalam pengadaan udara untuk bernafas. Penyelam dengan meraih ke belakang dan menarik ke bawah batang yang

tersambung pada katup cadangan pada sisi kiri tabung, dapat melepaskan pegas katup kembali, yang berakibat mengalirnya sisa terakhir untuk dipakai.

Katup cadangan menyediakan udara cukup bagi si penyelam untuk naik dari kedalaman dengan aman, untuk berenang mendatar, atau menyelam sebelum timbul ke permukaan pada penyelaman kerangka kapal tenggelam, gua atau hamparan lumut laut. Jangan sekali-kali menghabiskan isi tabung anda. Cadangan yang ada memberikan batas yang aman naik ke permukaan, udara untuk naik ke permukaan dari dasar dengan kondisi air yang bergolak, dan menghindari cemaran masuk kedalam tabung.

Batang penarik cadangan harus selalu dalam keadaan posisi naik (up position) walaupun dalam keadaan kosong. Ini mengendorkan tegangan pegas pada cadangan. Katup cadangan dapat dengan mudah ditarik ke bawah selama penyelaman. Raihlah ke belakang untuk mengetahui dengan pasti bahwa natang penarik dalam keadaan posisi naik. Batang atau tangkai dapat digerakkan naik dan turun selama penyelaman tanpa mempengaruhi supply aliran udara.

Hanya bila anda berada dibawah 300 psi akan ada penghentian aliran udara. Ini memungkinkan anda untuk menguji cadangan bila ragu-ragu. Unit tabung ganda mempunyai cadangan sebesar 600 pis. Ini hanya diisikan

pada sebuah tabung saja, dan disebarakan merata kedalam tabung lainnya bila tangkai cadangan ditarik, sehingga tersedia 300 psi pada setiap tabung.

PENANGANAN

Bila membuka suatu katup, putar arah terbuka sama sekali kemudian putar kembali $\frac{1}{2}$ putaran ke arah tutup. Hal ini untuk menghindari kemacetan atau kerusakan pada katup tabung. Bila menutup katup, haruslah secara halus, namun rapat. Kebanyakan katup mempunyai dudukan nylon yang dapat rusak bila ditutup secara paksa dan kuat-kuat.

3.3. Regulator

Ada 3 jenis regulator selam, yaitu: (1) single hose regulators (Gambar 85); (2) double hose regulators (Gambar 86); dan (3) octopus regulators (Gambar 87). Single hose regulator adalah regulator selam yang umum digunakan pada saat ini. Single regulator terdiri dari:

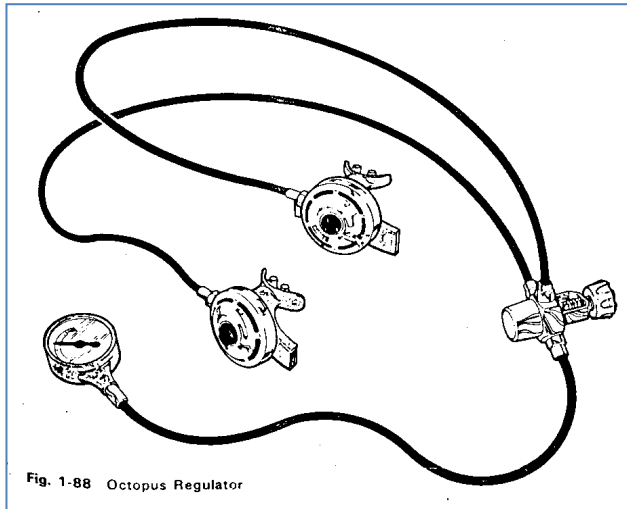
- a. Tingkat pertama (first stage) dengan tekanan tinggi yang dikembangkan ke katup tabung
- b. Pipa bertekanan antara
- c. Tingkat kedua (second stage) terdiri dari sekat karet, pengungkit tingkat kedua, katup buang udara dan genggam mulut (mouthpiece)



Gambar 85. Single Hose Regulators



Gambar 86. Double hose regulators



Gambar 87. Octopus regulators

Single hose regulator bekerja dengan 2 tahap, sama dengan double hose regulator. Perbedaan utama adalah kedua tingkatannya terpisah. Single hose regulator memiliki tingkat kedua yang terletak dekat mulut si penyelam untuk memudahkan bernafas. Oleh karena itu sekat karet berada pada permukaan yang sama dengan paru dalam posisi berenang biasa. Gelembung udara yang dihembuskan melalui saluran pembuangan terbuat dari karet yang terletak di bawah tingkat kedua. Double hose regulator, untuk perbandingan, membuang udara buangan kembali melalui bagian badan regulator yang terletak di belakang dan agak di atas penyelam, melalui pipa pembuangan yang terpisah. Hal ini tidak menimbulkan

suara terlalu banyak serta tidak menghalangi pandangan si penyelam, tetapi pengambilan nafas agak lebih sukar akibat letak regulator yang berada di belakang.

3.3.1. Tombol Kuras

Regulator single hose adalah unit terpadu, mudah dipakai, mudah dikuras dan sebagai tambahan, mempunyai tombol kuras (Gambar 88) yang terletak di bagian depan tingkatan kedua, yang menempel ke sekat karet demi melancarkan kurasan.



Gambar 88. Tombol Kuras di Depan *Mouthpiece*

3.3.2. Katup Pembuang

Udara dan air keduanya dapat dibuang keluar melalui katup pembuang yang terbuat dari karet, yang terletak di bagian dalam regulator pada muara pembuangan.

3.3.3. Tolok Tekanan Tinggi (High Pressure Port – Submersible Pressure Gauge)

Terletak pada tingkat pertama adalah high pressure port/tolok tekanan tinggi (Gambar 85), ini biasanya ditandai dengan huruf HP. Disinilah submersible gauge dipasang untuk dapat melihat langsung tekanan tabung pada waktu menyelam. Alat ini merupakan salah satu bagian yang paling berguna yang dipakai bersama regulator, dan dapat memperlihatkan langsung berapa banyak udara tersisa di dalam tabung pada setiap saat.

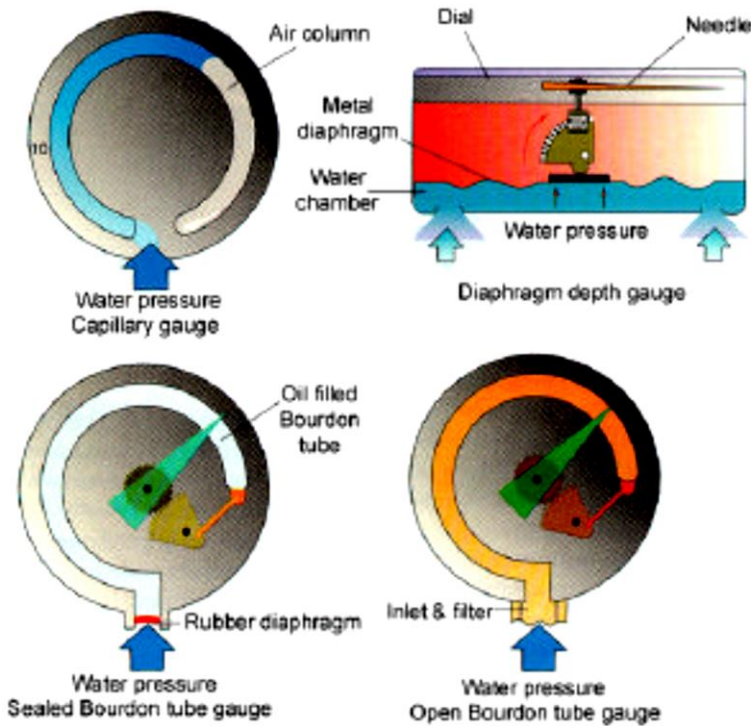


Gambar 85. Tolok tekanan tinggi (*High Pressure Port*) (kiri) dan tolak kedalaman (*depth gauge*) (kanan)

3.3.4. Tolok Kedalaman (*Depth Gauge*)

Tolok kedalaman (Gambar 86) gunanya untuk mengetahui kedalaman di bawah permukaan air. Alat ini penting

untuk penyelam dalam penggunaan tabel selam. Tolok kedalaman ini terdiri dari 4 tipe, yaitu: (1) tolok kapilair; (2) tolok bourdon terbuka; (3) tolok bourdon tertutup, dan (4) tolok diafragma (Gambar 86).



3.3.4.1. Mouthpiece Regulator

Mouthpiece regulator memiliki bentuk dan tipe yang berbeda sehingga penyelam dapat memilihnya sesuai dengan kenyamanan saat dipergunakan di mulut dan juga

keinginannya. Tipe-tipe mouthpiece regulator tersaji pada Gambar 87.



Standart mouthpiece



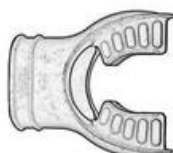
Long Bite Mouthpiece



Bridged Mouthpiece



Minimalist Mouthpiece



"Winged" Bite Tab Mouthpiece



Cushioned Mouthpiece



Tooth-Covering Mouthpiece



Customizable Mouthpieces

Gambar 87. Tipe-tipe mouthpiece regulator
(scuba.about.com/regulators)

3.4. Senter Selam

Dengan adanya senter selam, memungkinkan kita mengadakan penyelaman malam. Sekarang ini, banyak sekali macamnya senter selam, baik ukuran maupun modelnya. Beberapa jenis senter selam dapat dilihat pada Gambar 36 di bawah ini.



Gambar 94. Beberapa Jenis dan Bentuk Senter Selam
(<http://www.scuba.com/scuba-gear>)

3.5. Kompas

Kompas adalah suatu alat penting untuk menentukan arah di mana kita berada pada waktu menyelam. Kompas adalah alat yang menunjukkan dua kutub magnet (Gambar 37). Sekarang ini magnet batang

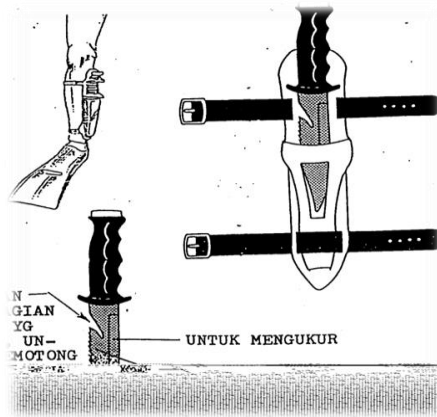
diganti dengan magnet cincin. Keuntungan menggunakan magnet cincin adalah lebih kuat, lebih peka, dan lebih tenang.



Gambar 95. Salah Satu Jenis dan Bentuk Kompas

Pisau Penyelam

Pisau merupakan piranti keamanan dan kerja. Pisau dapat digunakan untuk memberikan isyarat di bawah air, untuk membantu melepaskan diver jika ia terjerat atau dapat digunakan sebagai pengungkit, palu dan sebagainya.



Gambar 96. Jenis Pisau Penyelaman

Senter Selam

Dengan adanya baterai selam inilah memungkinkan kita mengadakan penyelaman malam, sekarang banyak sekali macam-macam baterai selam yang ada di pasaran, dibawah ini ada tiga macam contoh baterai selam. Pertama adalah baterai selam biasa (Waterproof Flashlight) kedua yang lebih besar, ketiga yang paling kuat cahayanya, memakai baterai dry cell dan lampunya beam lamp.

Bendfera Selam (Dive Flags)

Di daerah-daerah tertentu mewajibkan dikibarkannya bendera "diver below (down)" agar para pemilik kapal pesiar dan sebagainya yang kebetulan berada di daerah penyelaman menghindari dengan jarak 100 feet. Bendera ini dapat dipasang pada sebuah tiang sepanjang

36 inch pada float. Bentuk bendera “diverbelow” adalah persegi panjang, warna dasar merah, dengan garis diagonal putih melintang dari ujung kiri atau ke ujung kanan bawah.



Gambar 97. Bendera Penyelaman

Gear Bags

Sebagai penyelam, kita membutuhkan tas untuk memuat semua peralatan selam, agar tetap terkumpul, tidak berserakan dan terlindung dari terik matahari.

Berilah tanda pada setiap perlengkapan, hal ini guna menghemat waktu dan menghindari mencari-cari milik kita diantara sekian banyak perlengkapan yang sama dan serupa milik rekan kita.



Gambar 98. A hard bag protects your gear while in transport

3.6. Kompresor Selam

3.6.1. Desain dan Mekanisme Kerja

Untuk mendapatkan udara pernafasan pada penyelaman, semua penyelam menggunakan alat yang dinamakan kompresor. Alat ini dirancang untuk mendapatkan kemampuan daya tekan/kompresi yang tinggi sehingga menghasilkan tekanan udara yang sesuai dengan kebutuhan, yang bisa mengisi tabung selam (dive tank) sesuai kemampuan isinya, biasanya bertekanan 3000 psi.

Satu unit kompresor selam terdiri dari blok kompresor (compressor block), rangkaian filter (central purification system), rangkaian pengisian (filling valve), motor penggerak (drive motor), dan rangka (frame) (Gambar #).



Gambar 103. Kompresor selam (<http://www.bauercomp.com>)

Aliran udara pada kompresor dimulai dari udara dihisap dengan cepat lewat filter hisap, kemudian dimampatkan di silinder, seterusnya didinginkan oleh pipa berulir, yang berfungsi sebagai pendingin dalam (inter cooler) dan pendingin luar (after cooler). Tekanan di masing-masing tingkat diamankan oleh klep pengaman (safety valve). Udara yang dimampatkan dibersihkan dahulu di inter filter dan dimurnikan di filter utama (central filter). Uap kondensasi di inter filter dan filter utama dikeringkan lewat kran pengering uap air (condensate drain taps) yang terletak di bawah masing-masing filter. Klep pengatur tekanan (pressure maintaining valve) memberikan tekanan yang tetap di dalam filter utama. Udara yang dimampatkan akan dimurnikan pada cartridge filter. Udara yang murni kemudian dialirkan lewat selang pengisian (filling hose) dan ran pengisian (filling valve) langsung masuk ke tabung yang akan diisi.

Tekanan yang diisi dapat dilihat pada alat pengukur tekanan (pressure gauge) (Pranolo, 1994).

3.6.2. Cara Menjalankan

a. Unit dengan Mesin Berbahan Bakar

Menurut Pranolo (1994), cara menjalankan unit kompresor yang menggunakan mesin berbahan bakar adalah sebagai berikut:

- Sebelum dijalankan, baca buku petunjuk intruksi masing-masing pengoperasian motor penggerak. Operasikan di luar ruangan, jangan di tempat tertutup.
- Isi penuh tangki dengan bahan bakar (dilarang keras mengisi bahan bakar saat mesin masih panas)
- Cek oli kompresor dan ketinggian oli mesin (bila kurang, tambahkan)
- Putar pulley beberapa kali sebelum start
- Buka kedua kran pengering uap air saat start
- Jalankan mesin dengan tali starter. Pastikan arah angin tidak menuju ke filter hisap (intake filter). Putar posisi kompresor apabila diperlukan.
- Bunyi ketukan pada saat pertama start adalah normal.
- Setelah mesin berjalan, tutup kran pengering uap air.

- Cek oli gelas (sight glass). Harus selalu penuh dan bersih.
- Segera hentikan apabila kosong atau berbusa
- Panaskan mesin penggerak dan compressor selama kira-kira 2-3 menit sebelum dibebankan dengan membuka sedikit kran uap kondensasi pada inter filter (jangan membuka terlalu banyak, karena akan berakibat terdengar ketukan keras).

b. Unit dengan Motor Listrik

Menurut Pranolo (1994), cara menjalankan unit kompresor yang menggunakan motor listrik adalah sebagai berikut:

- Pakailah motor listrik sesuai dengan ukuran dan kebutuhan yang dianjurkan serta hanya dikerjakan oleh tenaga elektrikal yang berpengalaman.
- Periksa dan bandingkan voltase motor (volt) dan frekuensi (Hz) dengan sumber utama.
- Untuk melindungi motor, gunakan sekering pengaman MCB
- Untuk memudahkan pekerjaan perawatan maka diharuskan memakai stop kontak serta contactor yang memiliki sistem pengaman, misalnya MSC (magnetic switch contactor)
- Periksa ketinggian oli, tambah jika berkurang
- Putar pulley

- Beberapa kali sebelum start.
- Buka kran pengering uap air.
- Tekan/putar knop start. Hati-hati, motor akan bergerak cepat
- Perhatikan arah putaran, hentikan bila arah putaran salah
- Ketukan pertama saat start adalah normal
- Segera tutup kran setelah mesin berjalan
- Cek oli gelas (sight glass), harus selalu bersih dan penuh
- Segera hentikan apabila kosong atau berbusa
- Panaskan mesin kompresor kira-kira 2-3 menit sebelum dibebankan

3.6.3. Prosedur Pengisian

Prosedur pengisian udara dari kompresor ke tabung selam adalah sebagai berikut:

- Setiap sebelum mulai mengisi tabung, diharuskan menjalankan pemeriksaan fungsi dari klep pengaman tekanan akhir (final safety valve)
- Jalankan unit sampai mencapai tekanan akhir dengan kran pengisian (filling valve) tertutup
- Periksa tekanan di alat pengukur tekanan (pressure gauge) pada kran pengisian (filling valve) untuk melihat pada tekanan berapa klep pengaman tekanan akhir (final safety valve) mulai bekerja

- Putar knop pada klep pengaman tekanan akhir (final safety valve), apakah perlu untuk menyesuaikan tekanan yang diinginkan
- Klep pengaman tekanan akhir (final safety valve) terpasang di atas filter utama central filter)
- Sesudah itu, hubungkan kran pengisian (filling valve) ke tabung
- Sementara itu, kran tabung tertutup
- Perhatikan: sebelum pengisian pastikan bahwa: tabung yang akan diisi telah di tera dan tidak lewat masa berlakunya; teraan tidak dirubah atau dicurigai bekas dirubah; tabung bukan bekas terbakar, bocor, kepala tabung goyang atau ada selotif; terdapat bukti teraan bahwa tabung mampu menampung tekanan sesuai dengan tekanan kerja kompresor yang anda operasikan; biasakan mengisi formulis pemeriksaan tabung setiap sebelum pengisian tabung
- Cara pengisian tabung adalah sebagai berikut: (a) pertama, buka kran pengisian (filling valve) kemudian kran tabung; (b) setelah tabung terisi, tutup kran tabung (tank valve) dulu baru kran pengisian (filling valve). pelajari urutan ini. Dengan menutup kran pengisian, hubungan antara kran pengisian dan kran tabung tertutup. Perhatikan urutan ini, jangan sampai terbalik-balik; (c) setelah

selesai pengisian, biasakan melakukan log pencatatan.

3.6.4. Menghentikan Unit Kompresor

Urutan menghentikan unit kompresor menurut Pranolo (1994) adalah sebagai berikut:

- Tutup kran pengisian (filling valve)
- (a) unit dengan electrical motor, tergantung pada model kontaktornya. Ada yang 0-1 atau on-off. Ubah ke posisi 0 atau off untuk menghentikan motor listriknya. Sementara itu, pada panel pusat diputuskan aliran listriknya untuk mencegah hal-hal yang tidak diinginkan; (b) unit dengan bahan bakar, matikan/hentikan motor penggerak bensin atau solar dengan cara mengubah knop run-stop ke stop
- Buang sisa tekanan melalui kran pengisian (filling valve) sampai dengan kurang lebih 80 bar, kemudian buang semua uap kondensasi dari semua kran dan jangan lupa tutup kembali. Adalah suatu kebiasaan yang baik dengan menyisakan 80 bar di dalam sistem agar tidak terjadi penguapan pada pipa-pipa sistem kompresor.

IV. FISIKA PENYELAMAN

Penguasaan tentang hukum-hukum fisika yang erat hubungannya dengan penyelaman, merupakan syarat yang mutlak yang harus dipenuhi oleh setiap penyelam. Karena banyak peristiwa-peristiwa perubahan faali yang terjadi pada tubuh seorang penyelam disebabkan oleh pengaruh dari tekanan air pada waktu masuk, di dasar, dan muncul ke permukaan. Dengan penguasaan hukum-hukum fisika penyelam, seorang penyelaman dapat menyelam dengan cara yang aman.

4.1. Satuan Tekanan

Menurut Martin (1997) kunci untuk memahami scuba diving adalah konsep tekanan, dan bagaimana itu bervariasi dengan kedalaman. Secara intuitif tekanan adalah beberapa jenis kekuatan, tetapi bagaimana sebenarnya didefinisikan? Tekanan adalah kekuatan atau berat per satuan luas. Semua hal, termasuk udara, memiliki berat karena gravitasi bumi. Oleh karena itu, apa pun yang terkena udara berada di bawah tekanan - berat atmosfer di atasnya. Berat udara ini karena gravitasi, yang dikenal sebagai tekanan atmosfer.

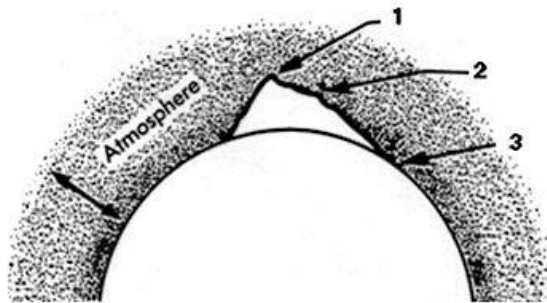
Atmosfer adalah selubung gas atau campuran gas-gas, yang menyelimuti bumi. Campuran gas-gas ini

disebut udara. Di atas atmosfer disebut ruang angkasa. Ruang angkasa adalah ruang dimana tidak ada lagi udara, bila masih ada udara atau gas maka daerah itu masih atmosfer, karena molekul gas yang sangat ringan dapat terlepas dari gaya tarik bumi dan beredar ke ruang angkasa. Oleh karena itu dibuat perjanjian tentang batas antara atmosfer dan ruang angkasa. Batas ini di Rusia, menurut A.A. Lavikov adalah 3.000 km, sedang di Amerika, menurut Armstrong adalah 6.000 mil (Danusastro, 1993).

Seperti benda-benda lain, gas juga mempunyai berat. Berat 1 meter kubik udara pada permukaan laut dengan tekanan 760 mmHg dan suhu 0°C adalah 1.293 gram. Oleh karena berat udara inilah maka tiap permukaan atau bidang di dalam atmosfer menerima tekanan, yang besarnya sesuai dengan berat udara yang ada di atasnya. Tekanan inilah yang disebut tekanan atmosfer atau tekanan barometer bila diukur untuk tiap sentimeter persegi. Pada permukaan laut tekanan ini besarnya sama dengan 1,033 kg/cm². Telah dilakukan pengukuran tekanan atmosfer ini pada garis lintang 45° pada permukaan laut dan suhu 0°C pada luas permukaan 1 cm². Hasilnya sama dengan tekanan satu kolom air raksa setinggi 760 milimeter dengan penampang dan suhu yang sama. Oleh karena itu 760 mmHg ini disebut 1 atmosfer. Satu atmosfer juga sering dinyatakan dengan 14,7 PSI

(*pound per Square Inch*). Tekanan satu atmosfer ini juga sering digunakan untuk menyatakan tekanan pada permukaan laut. Makin tinggi makin kurang tekanan udaranya, karena jumlah udara yang berada di atasnya makin kurang pula (Danusastro, 1993).

Tekanan atmosfer bisa ditentukan dalam beberapa cara, istilah yang paling populer digunakan dalam scuba diving adalah "pound per square inch" atau "psi." Pada permukaan laut tekanan yang diberikan oleh atmosfer 14,7 psi. "Per square inch" mengacu pada luas permukaan mengalami berat dari udara di atasnya.



Gambar 104. Bumi dikelilingi oleh lapisan atmosfer yang terpadat di permukaan laut, atmosfer di ketinggian lebih tipis dan menjadi kurang padat

Tekanan udara di permukaan laut pada suhu 0°C pada dasarnya merupakan tekanan yang disebabkan oleh berat atmosfer di atasnya. Tekanan ini konstan yaitu

sekitar 760 mmHg (14.7 Psi) dan dijadikan dasar ukuran satu atmosfer.

Persamaan Tekanan:

1 atmosfer = 10.07 (10)* meter air laut

33.05 (33)* meter air laut

33.93 (34)* meter air tawar

1.013 Kg/cm²

101 kilopascals

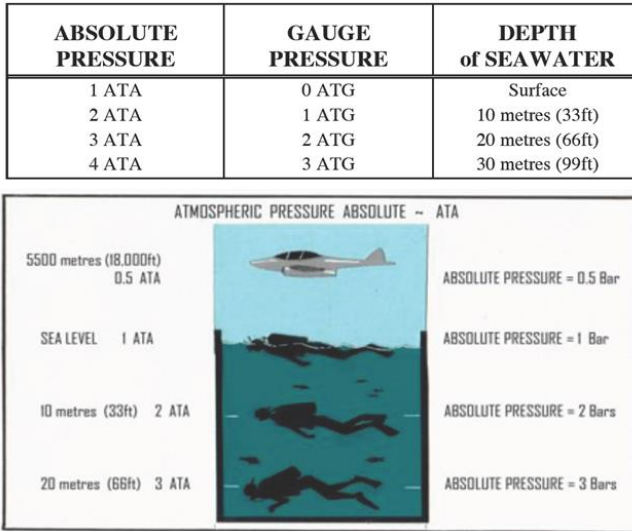
760 torr

760 millimeter air raksa (mmHg)

Keterangan: *) = satuan yang biasa dipakai para penyelam

Waktu seorang penyelam menyelam di bawah air, dia akan mengalami tambahan tekanan yang disebabkan oleh berat air. Di permukaan air, kita juga mendapatkan tekanan dari udara. Udara atmosfer tingginya kira-kira 100.000 feet. Ketinggian tersebut tidak banyak manfaatnya untuk dihitung. Berat kolom udara setinggi 100.000 feet memberikan tekanan pada permukaan laut sebesar 14.7 psi. Tekanan sebesar 14.7 PSI dinamakan juga tekanan 1 atmosfer, 1 ATM = 14.7 psi. Jika kita turun ke kedalaman 33 feet di air laut, maka kolom air laut juga memberikan tekanan sebesar 14.7 psi. Jika berada di kedalaman 33 feet, kita memperoleh total tekanan sebesar 1 atmosfer yang berasal dari tekanan air. Gabungan dari kedua tekanan tersebut adalah 2 atmosfer, yaitu 29.4 psi, di kedalaman 33

feet. Setiap turun 33 feet di kedalaman, kita tambahkan tiap kali 1 atmosfer atau 14.7 psi (Gambar 105).



Gambar 105. Hubungan kedalaman dengan tekanan

Kita selanjutnya akan menggunakan angka-angka yang dibulatkan, karena mudah penggunaannya. Kini kita tahu bahwa setiap turun satu feet di kedalaman, kita memperoleh tambahan tekanan sebesar 0.445 psi di air laut. Ini berarti kira-kira $\frac{1}{2}$ pound per feet kedalaman. Di air tawar kita memperoleh tambahan tekanan sebesar 0.432 psi setiap feet turun di kedalaman, yang berarti satu atmosfer untuk setiap 34 feet turun di kedalaman.

Ketika manusia turun ke bawah laut, tekanan sekitar mereka meningkat pesat. Untuk menjaga paru-paru dari kerusakan, udara harus dimasukkan juga di bawah tekanan tinggi. Ini memperlihatkan darah di alveolar paru-paru tekanannya sangat tinggi (hyperbarism).A

bola tenis tertinggal di saku BCD akan remuk dengan mudah pada kedalaman 17m dan mengempis ketika tiba-tiba naik kembali ke permukaan. Secara fisik, tekanan (p) adalah gaya yang bekerja pada sebuah area Unit.

4.2. Hukum-hukum Gas

Pada Scuba diving kita hanya menggunakan udara bersih, tersaring dan yang telah dimanipulasi. Udara adalah persenyawaan dari gas-gas, bukan suatu kombinasi kimia pada dasarnya terdiri dari:

- Oxigen (O₂) : 20.94 %
- Nitrogen (N₂) : 78.08 %
- Argon (Ar) : 0.93 %
- Carbon dioxide (CO₂) : 0.03 %
- Gas-Gas Mulia (Ne, He, dsb)

Atau secara praktis dalam dunia penyelaman dikatakan udara terdiri dari: 20 % Oxigen (O₂) dan 80 % Nitrogen (N₂).

4.2.1. Hukum Boyle

Hukum Boyle adalah hukum perubahan tekanan dan volume. Hukum ini menegaskan hubungan antara tekanan dan volume dari suatu kumpulan gas pada temperatur yang sama. Kumpulan gas akan berbanding terbalik dengan tekanan absolut, yaitu $V = 1/P$

Jadi :

$$VP = K \text{ atau } P_1V_1 = P_2V_2$$

P = Tekanan

V = Volume

K = Konstan

Ini berarti bahwa bilamana tekanan meningkat, volume dari suatu kumpulan gas akan berkurang dan sebaliknya. Selama tekanan sebanding dengan kedalaman, maka volume juga tergantung pada kedalaman. Bila tekanan menjadi 2 kali lebih besar, volume akan menjadi setengah volume semula. Hubungan ini berlaku terhadap semua gas-gas di dalam ruangan-ruangan tubuh sewaktu penyelam masuk ke dalam air maupun naik ke permukaan.

Seorang penyelam yang menghirup nafas penuh di permukaan akan merasakan paru-parunya semakin lama tertekan oleh air di sekelilingnya sewaktu ia turun.

Contoh :

Jika seorang penyelam SCUBA menghirup nafas penuh (6 liter) pada kedalaman 10 meter (2ATA), menahan nafasnya lalu naik ke permukaan (1 ATA), maka udara di dalam dadanya akan melipat gandakan menjadi 12 liter. Ia harus menghembuskan 6 liter udara selagi naik untuk menghindarkan agar paru-parunya jangan meledak.

$$P1.V1 = P2.V2$$

$$P1 = 2 \text{ ATA}$$

$$P2 = 1 \text{ ATA}$$

$$V1 = 6 \text{ LITER}$$

$$V2 = \dots\dots\dots?$$

$$V2 = \frac{P1.V1}{V2}$$

$$V2$$

$$V2 = \frac{6 \times 2}{1}$$

$$1$$

$$V2 = 12 \text{ Liter}$$

Jadi 6 liter yang tadi dihirup pada kedalaman 10 meter, sekarang menjadi 12 liter.

Semua rongga yang ada dalam tubuh akan terpengaruh hubungan volume dan tekanan ini. Mengenai telinga bagian tengah, tekanan air yang berperan di dalam tubuh, akan dihantarkan oleh cairan-cairan tubuh ke

rongga udara di dalam telinga tengah. Selama tekanan meningkat, maka volume akan berkurang, karena telinga bagian tengah di dalam rongga tulang kaku, rongga yang sebelumnya terisi udara akan diisi lagi oleh jaringan-jaringan yang membengkak, berdarah dan menonjol kedalam gendang telinga. Rangkaian-rangkaian kejadian yang menjurus pada perusakan jaringan dapat dicegah dengan menyeimbangkan tekanan (equalizing). Udara ditiupkan kedalam saluran Eustachius dari tenggorokan untuk menjaga agar volume gas yang ada ditelinga bagian tengah tetap konstan, sehingga tekananya menyamai tekanan air. Proses serupa dapat terjadi dengan sendirinya (self equalizing) dalam keadaan normal, karena rongga sinus mempunyai hubungan terbuka dengan rongga hidung (<http://danarprasetyo-scientific.blogspot.com/2011/05/fisika-penyelaman.html>).

Perubahan terbesar volume gas yang mengikuti perubahan-perubahan air terjadi dekat permukaan.

Sebagai contoh :

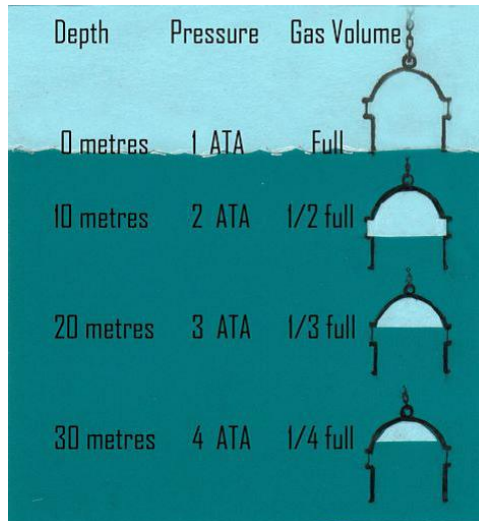
Satu liter gas di permukaan akan menyusut sampai $\frac{1}{2}$ liter pada kedalaman 10 meter (dari 1 ATA ke 2 ATA), sedangkan perubahan volume antara 30 meter sampai 40 meter (dari 4 ATA ke 5 ATA) hanya berubah sebesar 20% yaitu dari $\frac{1}{4}$ liter $\frac{1}{5}$ (Gambar 106). Ini menerangkan

kenapa tidak mungkin menghindari resiko-resiko pada penyelaman dangkal.

Contoh penggunaan formula hukum Boyle:

$T_1 = 298K$	$PV = k_1$	$T_2 = T_1$
$P_1 = 1atm$		$P_2 = 2.5atm$
$V_1 = 5L$		$V_2 = ?$

$$P_1V_1 = P_2V_2 \rightarrow V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2} = \frac{1 \times 5}{2.5} = 2L$$



Gambar 106. Hubungan tekanan dengan volume udara (Edmonds *et al.*, 2013)

Masalah pada saat ke permukaan (ascent). Paru-paru penyelam laki-laki rata-rata berisi sekitar 6 liter gas. Jika penyelam mengambil napas penuh di kedalaman 20 meter (3 ATA) dari alat selam SCUBA dan kembali ke permukaan (1 ATA) tanpa menghembuskan napas, volume gas di paru-parunya akan meningkat dari total kapasitas paru 6 liter menjadi 18 liter. Paru-paru yang mengalami peningkatan volume hingga 18 liter akan meledakkan paru-paru pada saat ascent (pulmonary barotraumas of ascent).

Sebuah pengamatan praktis yang penting dari Hukum Boyle adalah bahwa perubahan volume terbesar terjadi di dekat permukaan. Ini berarti bahwa bahaya terbesar dari barotraumas dekat permukaan - dan ini berlaku dengan descent serta pendakian.

Hal ini dapat dengan mudah dihitung dengan cara ini:

$$\begin{aligned}
 P_1 \times V_1 &= P_2 \times V_2 \\
 P_1 &= 3 \text{ ATA}, V_1 = 6 \text{ litres}, P_2 = 1 \text{ ATA}, \\
 V_2 &= ? \text{ litres} \\
 V_2 &= \frac{P_1 \times V_1}{P_2} \\
 &= \frac{3 \times 6}{1} \\
 &= 18 \text{ litres}
 \end{aligned}$$

4.2.2. Hukum Charles

Dalam termodinamika dan kimia fisik, hukum Charles adalah hukum gas ideal pada tekanan tetap yang menyatakan bahwa pada tekanan tetap, volume gas ideal bermassa tertentu berbanding lurus terhadap temperaturnya (dalam Kelvin).

Secara matematis, hukum Charles dapat ditulis sebagai:

$$\frac{V}{T} = k$$

Dengan:

V : volume gas (m^3),

T : temperatur gas (K), dan

k : konstanta.

Hukum ini pertama kali dipublikasikan oleh Joseph Louis Gay-Lussac pada tahun 1802, namun dalam publikasi tersebut Gay-Lussac mengutip karya Jacques Charles dari sekitar tahun 1787 yang tidak dipublikasikan. Hal ini membuat hukum tersebut dinamai hukum Charles. Hukum Boyle, hukum Charles, dan hukum Gay-Lussac merupakan hukum gas gabungan. Ketiga hukum gas tersebut bersama dengan hukum Avogadro dapat digeneralisasikan oleh hukum gas ideal ([http://id.wikipedia.org/wiki/Hukum Charles](http://id.wikipedia.org/wiki/Hukum_Charles)).

Hukum Charles menyangkut hubungan antara suhu, volume, dan tekanan. Dinyatakan bahwa tekanan tetap konstan, volume dari sejumlah gas tertentu adalah berbanding lurus terhadap suhu absolute.

$$V_1 \times T_2 = V_2 \times T_1$$

Hukum ini berhubungan dengan kompresi dan dekompresi dari gas-gas dan pengaruhnya terhadap tabung, regulator, chamber dan lain-lain. Bila volume konstan dan suhu meningkat, maka tekanan meningkat pula.

$$P_1 \times T_2 = P_2 \times T_1$$

Ini dapat diterangkan apabila tabung yang berisi udara tekan terjemur di matahari maka suhunya meningkat. Jadi sangat berbahaya menjemur sebuah tabung yang berisi udara tekan.

Contoh penggunaan formula Hukum Charles:

$T_1 = 298K$ $P_1 = 1atm$ $V_1 = 2.5L$	$\frac{V}{T} = k_2$	$T_2 = 308K$ $P_2 = P_1$ $V_2 = ???$
--	---------------------	--

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{2.5 \times 308}{298} = 2.58L$$

4.2.3. Hukum Dalton

Tekanan parsial dari campuran gas. Hukum ini berhubungan dengan udara (suatu campuran nitrogen dan oksigen) dan dengan pernafasan gas campuran. Dinyatakan bahwa jumlah tekanan dari suatu campuran gas adalah jumlah-jumlah dari tekanan parsial dari tiap gas yang membentuk campuran gas tersebut, jika gas tersebut secara sendiri menempati seluruh ruang (volume). Selama tekanan secara menyeluruh meningkat, maka tekanan parsial dari tiap-tiap gas pun akan meningkat.

Karena udara adalah suatu campuran yang terdiri dari 80% N₂ dan 20% O₂, maka udara permukaan terdiri dari :

$$\begin{aligned} \text{N}_2 &= 80\% \text{ dari } 1 \text{ ATA (760 mmHg)} \\ &= 0,8 \text{ ATA (608 mmHg)} \\ \text{O}_2 &= 20\% \text{ dari } 1 \text{ ATA (760 mmHg)} \\ &= 0,2 \text{ ATA (152 mmHg)} \end{aligned}$$

Tekanan parsial dari suatu gas di dalam campuran diperoleh dengan mengalikan presentasi gas dengan tekanan total. Dengan kedalaman, peningkatan tekanan parsial yang terjadi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Permukaan (1 ATA)} &= 0,8 \text{ ATA O}_2 + 0,2 \text{ ATA O}_2 \\ (\text{pp O}_2 = 20\% \times 1 \text{ ATA}) \\ 10 \text{ meter (2 ATA)} &= 1,6 \text{ ATA N}_2 + 0,4 \text{ ATA O}_2 \\ (\text{pp O}_2 = 20\% \times 2 \text{ ATA}) \end{aligned}$$

20 meter (3 ATA) = 2,4 ATA N₂ + 0,6 ATA O₂

(pp 0,2 = 20% x 3 ATA)

30 meter (4 ATA) = 3,2 ATA N₂ + 0,8 ATA O₂

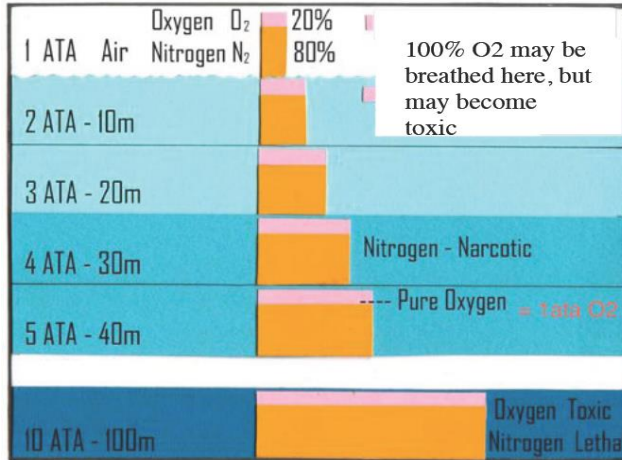
(pp 0,2 = 20% x 4 ATA)

40 meter (5 ATA) = 4,0 ATA N₂ + 1,0 ATA O₂

(pp 0,2 = 20% x 5 ATA)

Dari daftar tersebut diatas dapat terlihat bahwa pada kedalaman 40 meter (tekanan 5 ATA), penyelam yang bernafas dengan udara biasa akan menghirup oksigen dengan parsial yang sama (5 ATA). Seperti bila ia sedang menghirup 100% O₂ di permukaan air (Gambar 107).

Hukum ini penting untuk mengetahui “efek toksik gas pernafasan pada kedalaman penyakit dekompresi” dan penggunaan “oksigen maupun campuran gas untuk tujuan pengobatan”.



Gambar 107. Tekanan parsial Oksigen dan Nitrogen berdasarkan kedalaman perairan (Edmonds *et al.*, 2013)

4.2.4. Hukum Henry

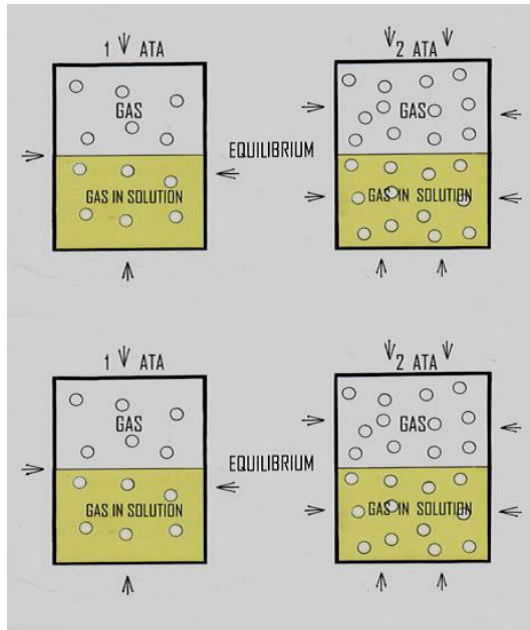
Larutan gas dan cairan ini berhubungan dengan penyerapan gas di dalam cairan. Dinyatakan bahwa pada suhu tertentu jumlah gas yang terlarut di dalam suatu cairan berbanding lurus dengan tekanan parsial gas tersebut diatas cairan.

Di permukaan laut (1 ATA) dalam tubuh manusia terdapat kira-kira 1 liter larutan nitrogen. Bila seorang penyelam turun sampai kedalam 10 meter (2 ATA), tekanan parsial dari nitrogen yang dihirup menjadi 2x lipat dan akhirnya nitrogen yang terlarut dalam jaringan juga akan 2x lipat (2 liter) (Gambar 108). Waktu terjadi

keseimbangan tergantung pada daya larut gas di dalam jaringan dan pada kecepatan suplai gas ke jaringan oleh darah.

Pengaruh fisiologis dari hukum ini terhadap seorang penyelam berlaku untuk penyakit dekompresi, keracunan gas, dan pembiusan gas lemban (inert gas Narkosis).

Bilamana tekanan yang terdapat dalam larutan terlalu cepat berkurang, gas keluar dari larutan dalam bentuk gelembung-gelembung gas. Pada penyelam pelepasan gelembung-gelembung ini dapat menyumbat pembuluh darah atau merusak jaringan-jaringan, menyebabkan berbagai pengaruh dari penyakit dekompresi atau bends. Penyelam dapat melihat pengaruh yang sama pada karbon dioksida di dalam larutan (bila ia membuka botol bir dengan tiba-tiba, maka akan terlihat gelembung-gelembung gas yang naik ke permukaan botol).



Gambar 108. Kelarutan molekul gas ke dalam cairan tubuh pada pajanan tekanan dari 1 ATA menjadi 2 ATA.

4.2.5. Daya Apung (Bouyancy)

Hukum Archimedes menyatakan bahwa :

Setiap benda yang dibenamkan sebagian atau keseluruhan kedalam cairan, maka ia akan mendapat gaya tekanan ke atas sebesar berat cairan yang dipindahkan.

Jadi semakin padat cairan itu, maka semakin besar daya apungnya. Dengan demikian, penyelam-penyelam

dan kapal-kapal mengapung lebih tinggi di laut daripada di air tawar.

Dengan paru-paru mengembang sepenuhnya, biasanya orang akan mengambang diatas permukaan air laut yaitu ia mempunyai daya apung positif. Daya apung positif yaitu bila seseorang cenderung untuk mengambang, sedangkan daya apung negative yaitu apabila seseorang yang cenderung tenggelam dan daya apung netral maka seseorang cenderung melayang.

Tingkat daya apung seorang penyelam dipengaruhi oleh beberapa factor antara lain :

- Beratnya alat-alat yang dipakai oleh seorang penyelam dapat mengakibatkan ia tenggelam. Tabung yang berisi udara tekan akan lebih terapung bila dipindahkan, hingga menjadikannya lebih ringan.
- Pakaian selam (wet suit) yang berisikan sel-sel karet busa berisikan udara. Bila kedalaman bertambah, maka volume udara dalam sel-sel tersebut akan berkurang, dengan demikian akan mengurangi daya apungnya.

Rompi-rompi yang dapat mengambang (buoyancy compensator) dapat diisi udara untuk menambah daya apung positif. Bila si penyelam menghirup nafas, volume di udara akan meningkat yang cenderung membuatnya

mengapung. Jika ia menghembuskan nafas ia akan cenderung tenggelam, penyelam-penyelam sering menghembuskan nafasnya selagi mereka meninggalkan permukaan untuk memanfaatkan pengaruh tersebut dan membantunya untuk turun.

4.2.6. Suhu

Suhu air di sekeliling menentukan kenyamanan penyelaman dan lamanya penyelaman secara maksimal. Hampir semua perairan lebih dingin daripada suhu badan yang normal (37°C atau 98°F) dan arena itu seorang penyelam akan kehilangan panas terhadap air karena konduksi.

Lapisan-lapisan isolasi lemak atau baju selam cenderung mengurangi pengaruh-pengaruh ini. Pada penyelaman saturasi, pemeliharaan suhu badan seorang penyelam menjadi kebutuhan utama. Suhu air berkurang secara nyata bersamaan dengan bertambahnya kedalaman dan perubahan suhu terbesar terjadi setelah kedalaman 10 meter pertama yang disebabkan oleh hilangnya sebagian besar panas matahari pada kedalaman yang lebih dalam. Air dingin dapat menyebabkan gangguan-gangguan kesehatan seperti vertigo dan sakit kepala dalam keadaan-keadaan tertentu.

4.2.7. Penglihatan dan Cahaya

Penglihatan tanpa bantuan alat, di bawah air akan buruk yang diakibatkan oleh perbedaan-perbedaan dalam pembiasan sinar dibawah air. Masalah ini sebagian dapat diatasi dengan memakai topeng muka (face mask), dimana terdapat suatu lapisan udara antara mata dan air. Namun akibat dari pemakaian ini adalah menyebabkan suatu kesan yang palsu akan jarak.

Pada kedalaman, sinar matahari yang terdiri dari mejikuhibiniu akan lebih terlihat berwarna biru tua. Benda-benda akan terlihat mempunyai warna, oleh karena menyerap warna daripada warna-warna lainnya.

4.2.8. Suara

Suara dibawah air sangat dipengaruhi penghantarannya melalui media cairan. Kecepatan media dibawah air kira-kira 4x lebih cepat dibandingkan di udara. Suara di udara akan cepat kehilangan energinya bila dipancarkan kedalam air. Dengan demikian di dalam air sukar untuk mendengar suara yang dibuat di udara dekat permukaan air.

Pendengaran seseorang di dalam air akan berkurang akibat pengaruh air terhadap gendang telinga dan beberapa frekuensi suara lebih terpengaruh daripada lainnya.

Pemakaian tutup kepala akan mengurangi ambang pendengaran. Sangatlah sukar bagi penyelam untuk melokalisir arah suara di dalam air.

Telinga manusia telah diciptakan untuk melokalisir arah suara di udara. Mekanisme ini akan terganggu oleh karena suara berjalan 4 kali lebih cepat di dalam air. Lokalisasi suara lebih dipersulit lagi oleh karena dibawah air suara akan dihantarkan ke organ pendengaran lebih baik melalui tulang kepala daripada gendang telinga.

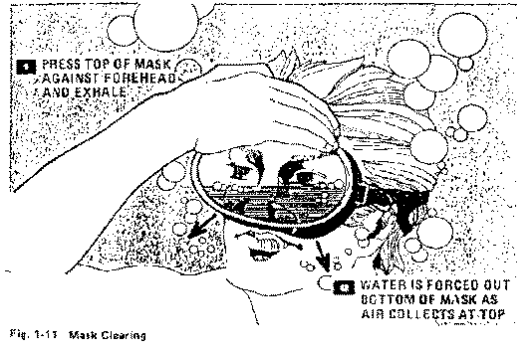
V. KETERAMPILAN MENYELAM (*DIVING SKILLS*)

5.1. Mask Clearing

Prinsip *mask clearing* adalah: mengeluarkan/memindahkan air yang masuk ke dalam masker dengan mengisikan udara ke dalam masker.

5.1.1. Vertikal Mask Clearing

Menurut Jeppesen (1989) hal-hal yang perlu diperhatikan pada vertikal *mask clearing* adalah: (1) Kepala agak mendongak ke atas, agar air dapat terbuang dengan lancar melalui bagian bawah masker; (2) sisi atas masker ditekan ke dahi penyelam, sedang sisi bawah dibiarkan bebas. Hal ini maksudkan agar udara yang lebih ringan dari air dapat terperangkap dengan baik di bagian atas masker; dan (3) menghembuskan udara dari hidung cukup perlahan-lahan saja,



Gambar 109. Vertikal *Mask Clearing*

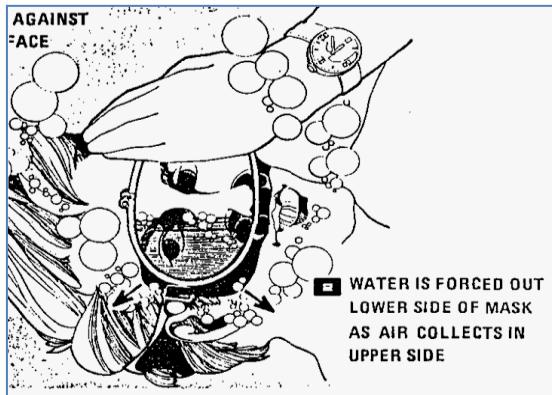
Agar udara tidak terbang percuma karena keluar dari bagian bawah masker (Gambar 109). Keterampilan mask clearing secara berurut-urutan dapat dilihat pada Gambar 110.



Gambar 110. Rangkaian Latihan Keterampilan *Mask Clearing*
(Walden Barry dan Guimbellot, 2010)

5.1.2. Horizontal Mask Clearing

Digunakan baik pada waktu penyelaman SCUBA dan penyelaman sedang menjelajah di kedalaman maupun pada saat snorkel. Menurut Jeppesen (1989) yang harus diperhatikan pada metode ini adalah: (1) posisi kepala menyamping; dan (2) bagian masker yang ditekan adalah bagian sisi samping yang ada di bagian atas yang ditekan ke sisi muka penyelam (Gambar 111).



Gambar 111. Horizontal Mask Clearing

5.1.3. Mask Clearing dengan Masker Berkatup Kuras

Menurut Jaya (1986) masker dengan katup kuras sangat mudah digunakan untuk mask clearing, di mana air akan keluar melalui katup kuras tersebut. Hal-hal yang harus diperhatikan pada metode ini adalah: (1) kepala agak menunduk ke bawah. Katup kuras biasanya berada di

bagian bawah masker atau di bagian bawah dari kaca masker sehingga dengan sedikit menunduk, bagian ini akan terletak di bagian paling bawah dan air yang ada di dalam masker akan dapat keluar semua; dan (2) yang ditekan adalah sisi atas masker (Gambar 112).

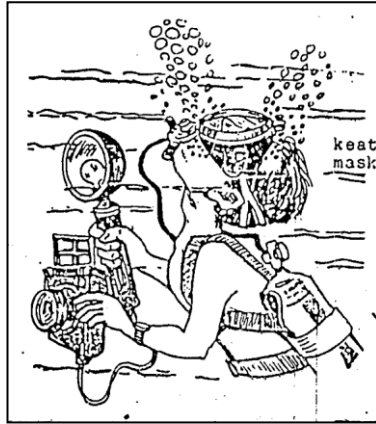


Gambar 112. *Mask Clearing* dengan Masker Berkatup Kuras

5.1.4. *Mask Clearing* Tanpa Bantuan Tangan

Dalam situasi dimana masker penyelam kemasukan air dan tangan penyelam penuh dengan peralatan seperti kamera, supergun, dan lain-lainnya (Gambar 113), biasa dilakukan *mask clearing* tanpa bantuan tangan. Adapun hal-hal yang diperhatikan adalah: (1) angkat kepala ke belakang sedemikian hingga masker menghadap lurus ke permukaan; (2) hembuskan udara dari hidung, sehingga udara akan terkumpul dan mendorong air keluar lewat sisi-sisi masker; dan (3) jika mungkin masih ada air yang

tersisa di dalam masker, lakukan vertikal *mask clearing* tanpa bantuan tangan untuk membersihkannya (Jaya, 1986).



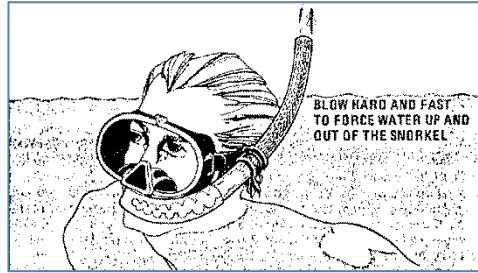
Gambar 113. *Mask Clearing* Tanpa Bantuan Tangan

5.2. Snorkel *Clearing*

Ada 2 cara snorkel *clearing*, yaitu: (1) metode hembus (*blast method*), dan (2) metode perpindahan (*displacement method*).

5.2.1. Metode Hembus (*Blast Method*)

Menurut Jeppesen (1989) metode hembus dilakukan dengan cara menghembus secara keras dan cepat untuk membuang air keluar dari snorkel (Gambar 114).



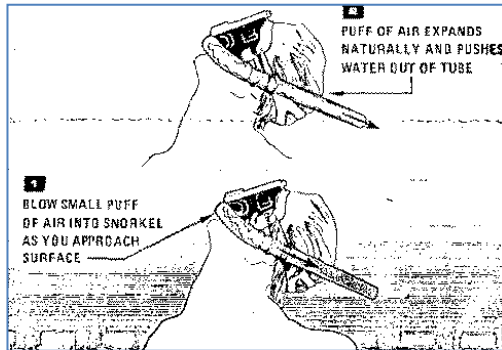
Gambar 114. Metode Hembus (*Blast Method*)

5.2.2. Metode Perpindahan (*Displacement Method*)

Digunakan kalau penyelam muncul dari kedalaman. Prinsip metode ini adalah: dengan memanfaatkan hukum grafitasi, bahwa air lebih berat daripada udara. Sebelum muncul ke permukaan penyelam sudah memindahkan air yang ada di dalam snorkel dan menggantinya dengan udara.

Menurut Jeppesen (1989) hal-hal yang perlu diperhatikan pada metode ini adalah: (1) pada waktu sedang muncul, kepala mendongak ke atas sehingga ujung snorkel lebih ke bawah/rendah daripada mulut penyelam; (2) sesaat sebelum mencapai permukaan (1 – 2 feet) hembuskan sedikit udara ke dalam snorkel. Hembusan udara ini akan mengusir air keluar dari snorkel dan snorkel akan terisi udara; (3) jika hembusan di nomor 2 cukup, pada saat muncul ke permukaan snorkel sudah bersih dari air. Jika kurang, pada saat sampai ke permukaan hembuskan lagi sedikit udara agar air terusir

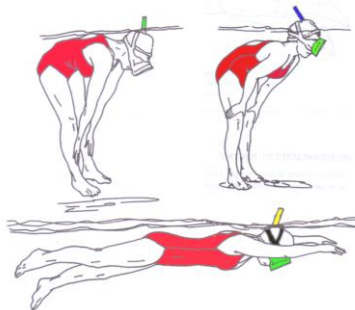
seluruhnya dari snorkel; dan (4) kepala kembali ke posisi telungkup sambil menghirup nafas (Gambar 115).



Gambar 115. Metode Perpindahan (*Displacement Method*)

5.3. Penggunaan Mask dan Snorkel

Penggunaan masker dan snorkel pada seorang pemyelam *Skin Diver* dapat dilihat pada Gambar 116.

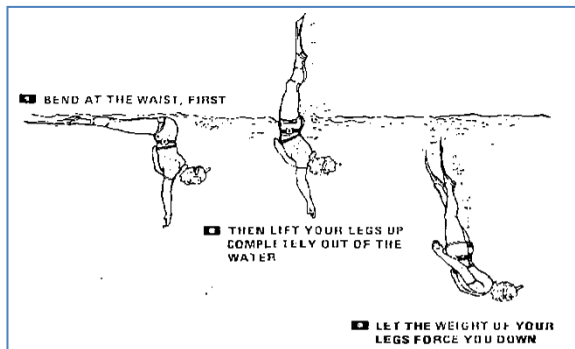


Gambar 116. Penggunaan Masker dan Snorkel pada Penyelam

5.4. *Entry ke Kedalaman Pada Skin Dive*

Dengan teknik *entry* yang baik, kita akan dapat menghemat tenaga dan dapat memperpanjang waktu selam. Prinsipnya adalah memanfaatkan bagian tubuh yang ada di atas air sebagai pemberat sehingga penyelam dapat turun dengan cepat dan mudah. Ada 3 macam cara *entry* ke kedalaman, yaitu: *Duck Dive*, *Tuck Dive*, dan *Surface Dive*.

5.4.1. **Duck Dive**



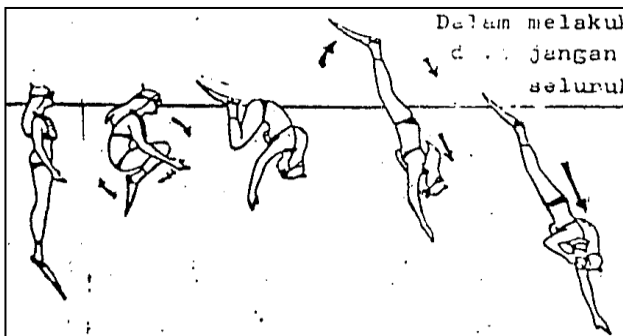
Gambar 117. *Duck Dive*

Menurut Jaya (1986) dan Jeppesen (1989) cara *duck dive* memerlukan awalan yaitu penyelam melakukan snorkeling perlahan-lahan. Awalan berguna untuk mempermudah penyelam menaikkan kaki ke atas (Gambar 116). Hal yang perlu diperhatikan pada cara ini

adalah: (1) usahakan setinggi mungkin bagian tubuh/kaki yang ada di atas permukaan air; (2) posisi tubuh waktu turun setegak mungkin; dan (3) setelah tubuh di bawah air, untuk mempercepat turun dapat dibantu dengan tangan yang dikayuhkan ke atas.

5.4.2. Tuck Dive

Menurut Jaya (1986) dan Jeppesen (1989) metode *entry* ini tidak mengenal awalan lebih dahulu. Digunakan dalam keadaan di mana kita tidak sempat/tidak mungkin melakukan awalan. Tekniknya hampir sama dengan *duck dive*. Dalam melakukan *duck* maupun *tuck dive* jangan gerakkan fins sebelum fins seluruhnya berada di bawah permukaan air. Jangan lupa segera melakukan *equalizing* pada saat masuk ke dalam air (Gambar 118), sedangkan menurut

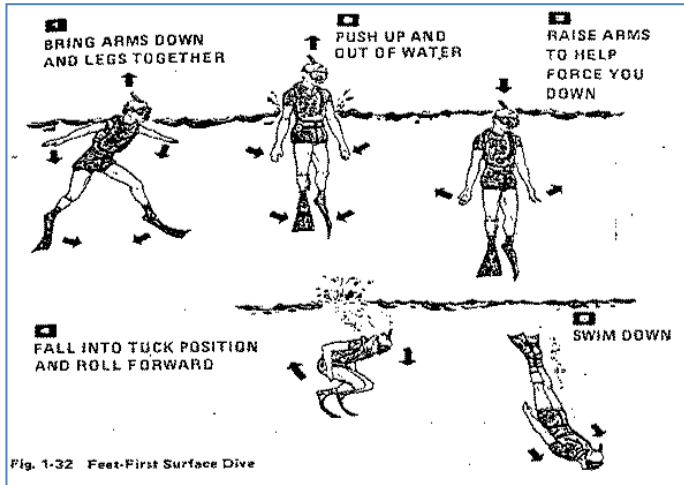


Gambar 118. *Tuck Dive*

Tuck dive digunakan ketika kita diam di permukaan. Prosedur tuck dive adalah sebagai berikut: (1) Dengan tubuh diam dan tegak di permukaan, angkat lutut ke arah dada; (2) Gunakan tangan dan fins untuk memutar tubuh ke posisi kepala lebih dulu; (3) kemudian dengan cepat memperpanjang kaki tegak dan lurus ke atas di permukaan. Berat kaki akan mendorong tubuh ke bawah permukaan; (4) Mulailah mengayuh fins secepatnya masuk ke dalam air; dan (5) jangan lupa melakukan equalisasi telinga sesaat setelah turun (<http://www.scuba-tutor.com/diving-skills/snorkeling/tuck-dive.php>).

5.4.3. Surface Dive

Menurut Jaya (1986) metode *entry* dengan kaki lebih dahulu masuk ke air dan memanfaatkan berat tubuh bagian atas penyelam (dari kepala sampai dada). Digunakan di daerah yang banyak gangguan misalnya penyelaman di daerah ganggang, kelp dan lubang gua. Urutan cara melakukan *surface dive* adalah: (1) kuncupkan lengan dan kibaskan fins dengan kuat; (2) bagian tubuh penyelam akan terangkat ke atas permukaan; (3) untuk membantu turunnya tubuh, kembangkan lengan ke atas; (4) balikkan kepala ke bawah; dan (5) menyelam ke bawah (Gambar 119)



Gambar 119. Surface Dive

5.5. Memasang *Bouyancy Compensator* (BC) dan *Regulator*

Memasang BC dan regulator dimulai dengan mengambil tabung selam yang sudah berisi udara yang dimampatkan. Posisi tabung harus berdiri/horizontal. Langkah selanjutnya adalah ambil BC, dan masukkan ke tabung. Tinggi posisi ujung bagian atas BC terhadap tabung setelah dimasukkan di tabung adalah sejajar atau sedikit lebih tinggi dari pada ujung katup tabung. Setelah itu kuatkan ikatan BC (*Tank Retaining Band*) pada tabung. Untuk memastikan kuat-tidaknya BC pada tabung, angkatlah dengan menyentak-nyentakkannya. Kalau tidak melorot, berarti sudah kuat. Langkah selanjutnya adalah

pasang regulator. Buka selotip (biasanya tabung yang berisi udara dibalut dengan selotip kertas di bagian katup), periksa O-ringnya. Kalau sudah rusak atau hilang ganti dengan yang baru. Bersihkan katup di sekitar tempat O-ring. Pada saat memasang BC tadi, posisi regulator digantung di leher. Selanjutnya pasang regulator pada katup tabung, dan kuatkan dengan hanya tiga jari. Pastikan lubang katup berhadapan dengan BC yang sudah terpasang. Setelah regulator terpasang, hubungkan selang dari regulator ke *low pressure inflator* pada BC (Gambar 120). Setelah itu, buka udara dari tabung dengan memutar pembuka udara tabung berlawanan dengan arah jarum jam secara penuh, kemudian kembalikan ke arah jarum jam sebanyak setengah putaran (180°). Untuk diperhatikan, sebelum membuka udara dari tabung, pastikan pressure gauge menghadap ke lantai/bumi. Hal ini untuk menghindari meledaknya *pressure gauge*. Sebelum dipakai untuk menyelam miringkan tabung yang sudah terpasang BC dan regulator untuk menghindari agar tidak jatuh. Urutan-Urutan pemasangan BC dan regulator pada tabung dapat dilihat pada Gambar 121.



Gambar 120. Pemasangan Selang dari Tabung ke *Low Pressure Inflator* pada BC

Pertama dan paling penting agar tidak pernah menahan nafas saat bernapas dari peralatan scuba. Menahan nafas di bawah air dapat mengakibatkan cedera serius atau kematian. Selanjutnya, selalulah membuang napas melalui regulator sebelum mengambil napas. Akhirnya, bernapas sedikit lebih lambat dan lebih dalam saat scuba dapat menghemat udara dari tabung, meningkatkan efisiensi pernapasan, dan membantu membuat rileks (<http://www.scuba-tutor.com/diving-skills/scuba/breathing-regulator.php>).

Pemantauan pasokan udara adalah kebiasaan yang harus dibiasakan selama sesi menyelam. Minimal, setiap 5 menit periksa tekanan udara pada tabung anda. Periksa

lebih sering ketersediaan udara ketika menyelam lebih dalam dari 30 kaki atau ketika tekanan tabung di bawah 1.000 psi.

Kenyamanan psikologis di dalam air akan memiliki dampak yang signifikan pada konsumsi udara. Jika kondisi cemas atau gembira, kita akan bernapas lebih cepat dan udara lebih cepat habis. Tingkat konsumsi udara akan meningkatkan pengalaman untuk mendapatkan kenyamanan dan mengendalikan laju pernapasan. Kebiasaan lain yang perlu dibiasakan lebih dini adalah biasakan ke permukaan dengan menyisakan tekanan udara di tabung tersisa 500 psi. Hal ini dimaksudkan untuk menyediakan kita cadangan jika terjadi sesuatu hal saat menuju ke permukaan (ascent) (<http://www.scuba-tutor.com/diving-skills/scuba/breathing-regulator.php>).



Gambar 121. Pemasangan *Bouyancy Compensator* (BC) dan Regulator (Laymon, Barry and Guimbellot, 2010)

5.6. Memakai *Bouyancy Compensator (BC)*/SCUBA Set

Memakai BC atau SCUBA set di daratan/di kapal dilakukan dengan cara duduk di bangku dalam posisi membelakangi BC. Sebelum memasang BC, terlebih dahulu memakai *weight belt*. Setelah memasang BC, dilanjutkan dengan memasang fins (Gambar 122). Cara memakai BC di daratan dapat juga dilakukan dengan posisi berdiri, yang dibantu oleh *buddy* (Gambar 123).



Gambar 122. Memakai *Bouyancy Compensator (BC)* dalam Posisi Duduk (Walden and Barry Guimbellot, 2010)



Gambar 123. Memakai *Bouyancy Compensator* (BC) dalam Posisi Berdiri

Selain itu, pemasangan BC dapat juga dilakukan di permukaan air. Cara ini banyak dilakukan oleh penyelam jika kondisi cuaca menguntungkan (ombak kecil dan arus tidak kencang). Cara pemasangan BC di permukaan air dapat dilihat pada urutan aktivitas pada Gambar 124 atau pada Gambar 125.



Gambar 124. Memasang BC di Permukaan Air (BC dari Belakang) (Laymon, Barry and Guimbellot, 2010)

Sebelum memasang BC dengan cara tersebut di atas (Gambar 124), terlebih dahulu dikurangi udara pada BC agar memudahkan pemakaiannya. Karena apabila udara terlalu banyak, BC selalu mau mengapung ke permukaan air sehingga menyulitkan pemakaiannya. Sedangkan cara pemakaian BC dengan cara yang diperlihatkan pada Gambar 125, didahului dengan meletakkan BC di depan penyelam dengan posisi katup tabung di depan dada penyelam, selanjutnya membuka gesper perut, melebarkannya ke kiri-kanan, begitu pula selang-selang regulator, pasang kedua *adjustable shoulder strap*, kemudian

masukkan kedua tangan, sampai kedua siku melewati lubang untuk tangan pada BC. Langkah selanjutnya adalah mengangkat tabung dengan kedua tangan ke arah belakang/punggung. Setelah BC di posisi belakang/punggung. Pasang semua gesper-gesper di perut, dan kuatkan atau tarik semua *adjustable shoulder strap* sampai kondisi BC di tubuh kita terasa nyaman (tidak terlalu sempit dan longgar).



Gambar 125. Memasang BC di Permukaan Air (BC dari Depan)
(Laymon, Barry and Guimbellot, 2010)

5.7. Entry Ke Permukaan Air

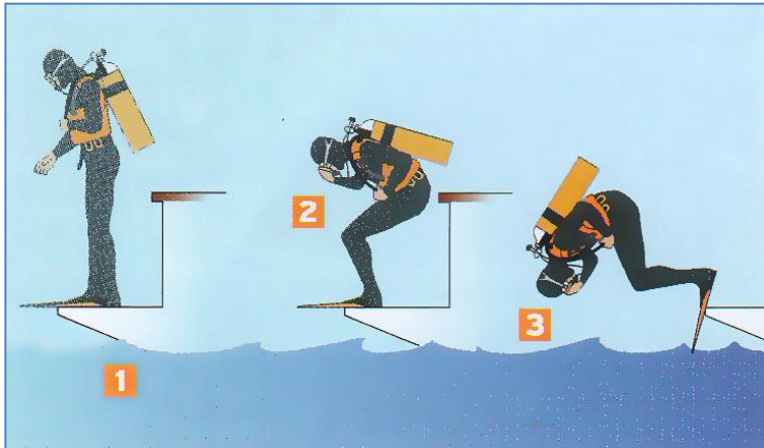
Entry ke permukaan air pada penyelaman *Skin Dive* dan *SCUBA Dive* dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu: (1) *giant stride/langkah raksasa*; (2) *backroll*; (3) *rolling*; (4) *shore entry*; (5) *seated entry*.



Gambar 126. Cara *Giant Stride*/Langkah Raksasa



Gambar 127. Cara *Backroll*



Gambar 128. *Rolling ke Depan*



Gambar 129. *Shore Entry* pada Pantai Berbatu



Gambar 130. *Seated Entry* pada Dermaga Pelabuhan

Langkah raksasa (*giant stride*) digunakan untuk entry ke air dari kapal besar, dermaga, deck kolam renang, atau platform yang stabil lainnya. Untuk keselamatan, entry ini hanya boleh digunakan ketika permukaan kurang dari 6

meter di atas permukaan air, dan kedalaman air minimal 6 meter. Urutan untuk melakukan langkah raksasa adalah sebagai berikut: (1) Berdiri di tepi lantai dengan kedua fins menggantung di tepi; (2) Tempatkan snorkeling atau regulator di mulut; (3) Tempatkan tangan di wajah sehingga mengamankan masker dan snorkel; (4) Tempatkan tangan yang lainnya di atas gesper weight belt. Ini membantu mencegah dampak air terhadap pembukaan gesper pada saat entry; (5) Memeriksa area di bawah air, apakah tidak ada orang atau benda-benda lainnya; (6) Berdiri tegak dan melihat cakrawala, kemudian melangkah maju dengan kaki posisi kaki yang sempurna; (7) Masuk ke dalam air dengan kaki terbuka lebar; (8) Sesaat setelah masuk ke dalam air, pertemukan kedua kaki secara bersama-sama untuk membantu mendorong menuju permukaan; dan (9) Tampilkan sinyal OK segera setelah di permukaan (<http://www.scuba-tutor.com/diving-skills>).

Back roll adalah pilihan ketika entry dari perahu kecil. Untuk melakukan back roll entry, gunakan prosedur berikut: (1) Duduk di tepi perahu dengan punggung ke arah air; (2) Tempatkan semua selang dan peralatan di atau dekat dada; (3) Tempatkan regulator atau snorkel di mulut; (4) Tempatkan kedua tangan di wajah sehingga mengamankan kedua masker dan snorkel; (5) Tempatkan tangan lainnya di atas belakang kepala untuk melindunginya dari katup tabung; (6) Pastikan area di

belakang tidak orang di permukaan air; (7) Dekapkan kepala ke arah dada dan biarkan badan jatuh ke belakang ke dalam air; (8) Menampilkan sinyal OK segera setelah Anda permukaan (<http://www.scuba-tutor.com/diving-skills>).

Shore entry populer di banyak lokasi di mana kapal tidak diperlukan untuk mencapai tempat menyelam yang menarik. Bagaimana entri dijalankan tergantung pada kondisi dan karakteristik pantai. Ombak adalah salah satu pertimbangan yang paling penting selama shore entry. Jika terdapat ombak, amati rangkaian gelombang dan waktu entry terbaik jika gelombang yang datang lebih kecil. Jika gelombang mendekati kita saat berada di zona ombak, berdirilah menyamping dengan kaki terbuka lebar untuk menahan hempasan ombak. Jangan pernah membalikkan punggungmu ke arah laut karena gelombang kecil saja dapat merobohkan tubuh kita jika tidak melihatnya datang. Jika mengenakan peralatan scuba, regulator tetap di mulut selama entri. Hal ini memungkinkan untuk bernapas dalam air jika kita terjatuh selama entri (<http://www.scuba-tutor.com/diving-skills>).

5.8. Descent ke Kedalaman

Setelah penyelam berada di permukaan air, untuk beberapa saat penyelam mengapung-apung dulu, sambil berkoordinasi dengan *buddy* dan mendengar arahan-

arahan dari dosen/asisten/instruktur. Cara mengapung di permukaan adalah kembangkan BC menggunakan udara dari tabung atau dari paru-paru melalui mulut. Setelah itu, penyelam masuk/turun ke kedalaman air (*descent*) dengan terlebih dahulu atau sambil menekan tombol kuras pada BC seperti pada Gambar 132. Pada saat descent, jangan lupa *equalizing*, terutama pada kedalaman 10 meter pertama, karena perubahan tekanan pada kedalaman tersebut relatif besar (10 %). Untuk diingat, menyelam harus selalu bersama *buddy*. Pada penyelam pemula, *descent* sebaiknya menggunakan tali yang di atasnya diikatkan bendera selam atau pada tali jangkar kapal/*boat*, hal ini dapat dilihat pada Gambar 133.



Gambar 131. Mengapung-Apung Sebelum *Descent*



Gambar 132. Pada Saat *Descent* Tombol Kurus Ditekan



Gambar 133. *Descent* Menggunakan Tali (Bagi Pemula)

5.9. Ascent dari Kedalaman

Setelah penyelam menyelesaikan kegiatan penyelamannya di bawah kedalaman air, penyelam akan

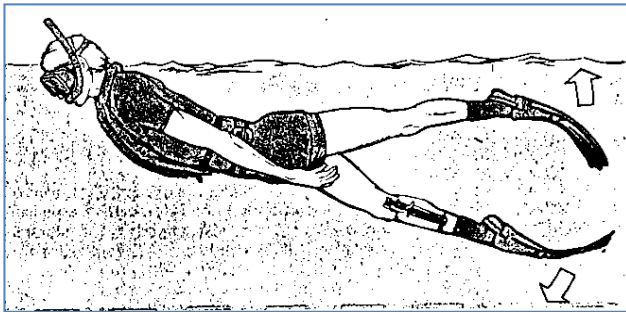
naik ke permukaan air (*ascent*) (Gambar 134). Prosedur baku untuk ascent bagi penyelam adalah kecepatan naik tidak melebihi 60 feet/menit atau mengikuti gelembung udara terkecil. Untuk mendapatkan gelembung udara terkecil adalah dengan cara mengibas udara yang keluar dari mulut/regulator. Selain itu, ascent harus menggunakan kayuhan fins, bukan dengan cara mengisi BC dari udara tabung. Pada saat ascent lengan sebaiknya diangkat ke atas dan dikepal. Hal ini dimaksudkan agar kepala terhindar dari benturan benda yang ada di permukaan, misalnya kapal/*boat* atau benda-benda lainnya. Hal lain yang sangat penting adalah bernafaslah secara normal/terus menerus pada saat *ascent*, untuk menghindari terjadinya *over expansion* pada paru-paru.



Gambar 134. *Ascent* Menggunakan Kayuhan Fins (Brylske, 2010)

5.10. Penggunaan Fins pada *Skin Dive*

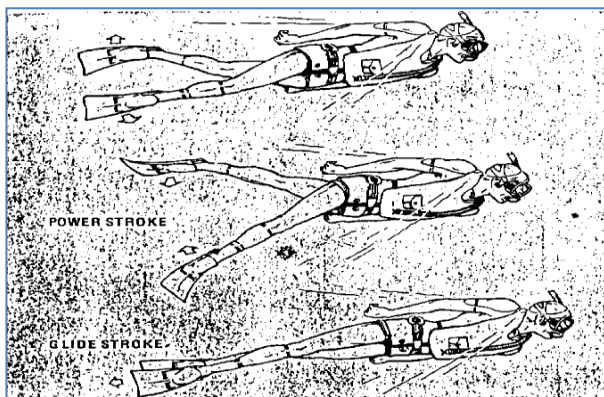
Gaya yang umum dan biasa dipakai adalah gaya bebas (*flutter kicks*) karena merupakan gaya yang paling efektif. Disamping itu masih ada beberapa gaya lain yang dapat digunakan. Gaya-gaya lain ini digunakan sebagai selingan/pengganti pada saat kita merasa cepat karena memakai gaya *flutter kicks* terus menerus. Gaya *flutter kicks* dapat dilihat pada Gambar 135 gaya gunting/samping pada Gambar 136, gaya katak pada Gambar 137, gaya *dolphin* pada Gambar 138, dan gerakan tangan dog paddle pada Gambar 139.



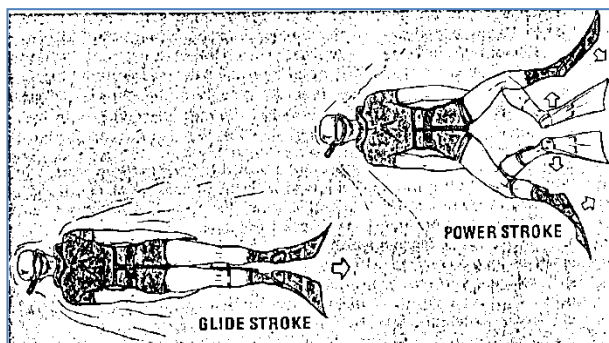
Gambar 135. Gaya *Flutter Kicks* (Jeppesen, 1989)

Flutter kick adalah metode yang paling populer untuk berenang di bawah air. Bila menggunakan metode ini, menjaga kaki tetap selurus mungkin dan menggunakan otot yang kuat di paha untuk menggerakkan fins naik dan turun. Perlu diingat bahwa

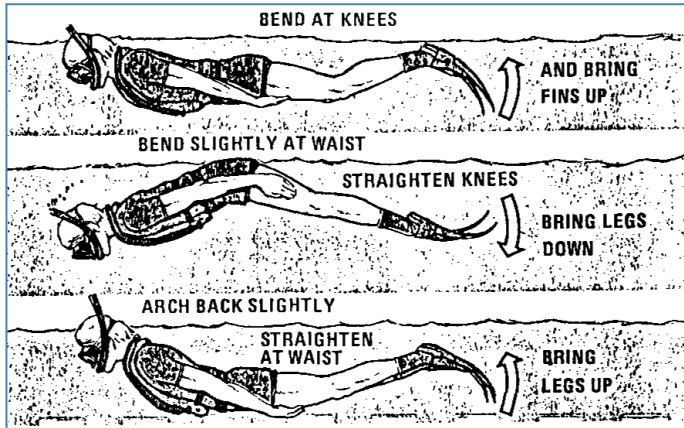
efisiensi fins lebih berpengaruh pada gerakan dari kekuatan dan kecepatan tendangan. Kita akan bergerak lebih cepat dan kurang bergerak cepat jika tendangan lambat, melebar, dan kaku. Hal ini memungkinkan kelenturan fin untuk menggerakkan kita lebih cepat.



Gambar 136. Gaya Gunting/Samping (Jeppesen, 1989)



Gambar 137. Gaya Katak (Jeppesen, 1989)



Gambar 138. Gaya *Dolphin* (Jeppesen, 1989)

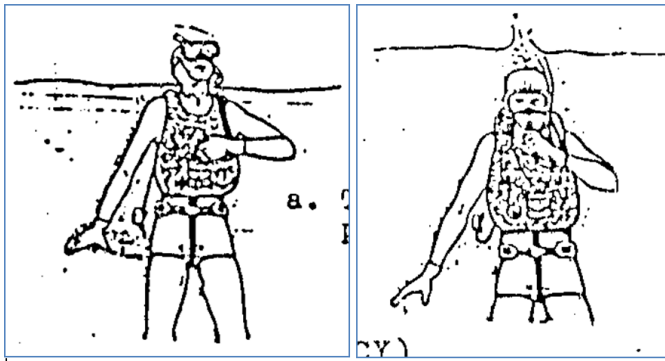


Gambar 139. Gerakan Tangan Dog Paddle

5.11. Mengembangkan BC di Permukaan

Pada saat mengembangkan BC tidak perlu kepala penyelam selalu di atas air. Hal ini akan membuat penyelam cepat lelah karena mengayuh fins terus menerus (agar kepala dapat terus di atas air). Cara mengembangkan BC yang baik menurut Jaya (1986) adalah: (1) pegang

ujung mouthpiece BC, lepaskan snorkel dari mulut dan hirup nafas panjang (saat ini fins digayuh agar kepala di atas air); (2) tiup BC dengan cepat. Pada saat ini kepala penyelam akan tenggelam; (3) kayuh kembali fins sehingga kepala di atas air lagi. Tarik nafas panjang dan tiup BC; dan (4) dan seterusnya sampai penyelam mempunyai daya apung positif di permukaan.

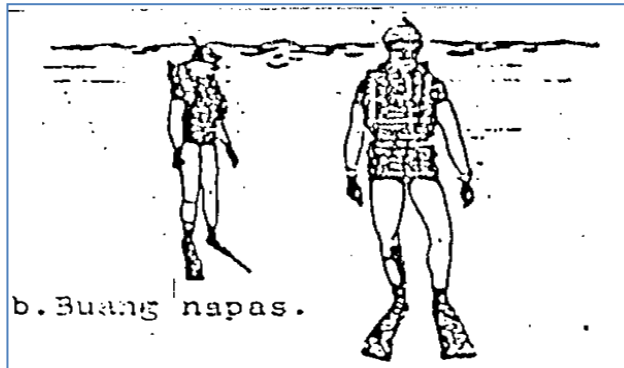


Gambar 140. Cara Mengembangkan BC di Permukaan

5.12. Daya Apung Netral (*Netral Bouyancy*)

5.12.1. Daya Apung Netral di Permukaan

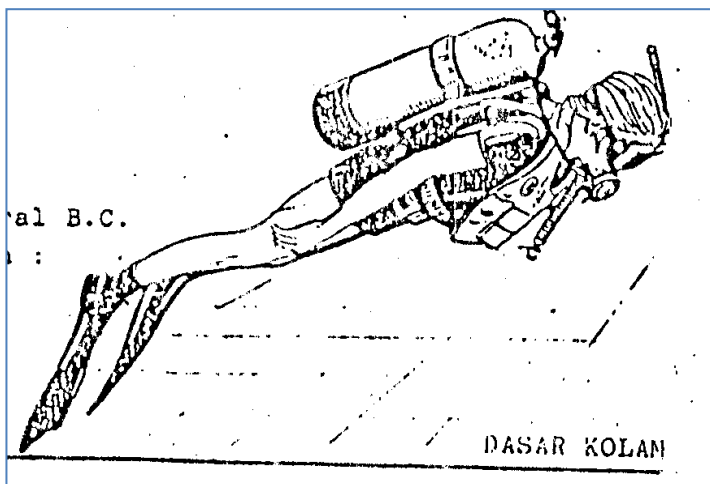
Pada keadaan ini, permukaan air akan sejajar dengan mata penyelam pada saat menarik nafas, dan sedikit diatas masker penyelam pada saat membuang nafas (Gambar 141)



Gambar 141. Daya Apung Netral di Permukaan (Jaya, 1986)

5.12.2. Daya Apung Netral di Kedalaman (untuk SCUBA)

Pada keadaan ini penyelam dapat melayang pada setiap kedalaman (tidak naik-turun). Cara melatih daya apung netral di kolam renang, yaitu: (1) dengan peralatan SCUBA lengkap, penyelam turun ke dasar kolam (daya apung negative); (2) tiup BC sampai tercapai keadaan di mana penyelam melayang dan hanya ujung fins yang menyentuh dasar kolam; (3) pertahankan keadaan ini. Pada saat penyelam menarik nafas, badan agak terapung ke atas, dan pada saat membuang nafas badan agak sedikit tenggelam (Gambar 142).

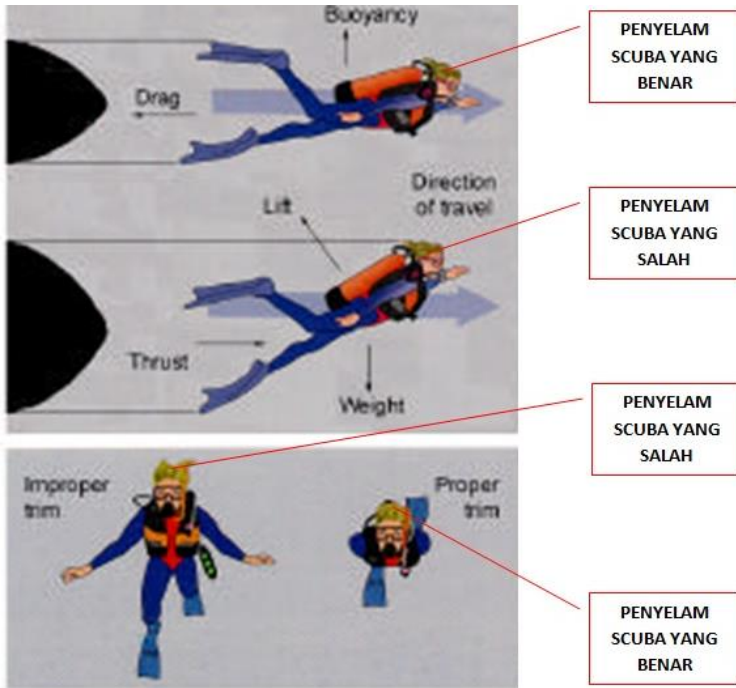


Gambar 142. Daya Apung Netral di Kedalaman (Jaya, 1986)

5.13. Menggunakan Peralatan SCUBA di Kedalaman

Setelah turun di kedalaman tertentu, penyelam bermanuver dengan menggunakan semua piranti peralatan SCUBA. Mulailah pada kedalaman yang tinggi (dalam) ke kedalaman yang rendah (dangkal). Hal ini terkait dengan penghindaran penyakit dekompresi. Rencanakan penyelaman dengan baik, seperti penyelaman dimulai (*entry*) dari mana dan berakhir (*exit*) di mana. Biasakan memulai penyelaman dengan menantang arus, apabila kita masih ingin kembali (*exit*) ke posisi semula. Jika tempat *entry* dan *exit* berlainan, mulailah dengan penyelaman yang mengikuti arus. Selama berada di kedalaman, posisi buddy harus berdekatan, paling tidak

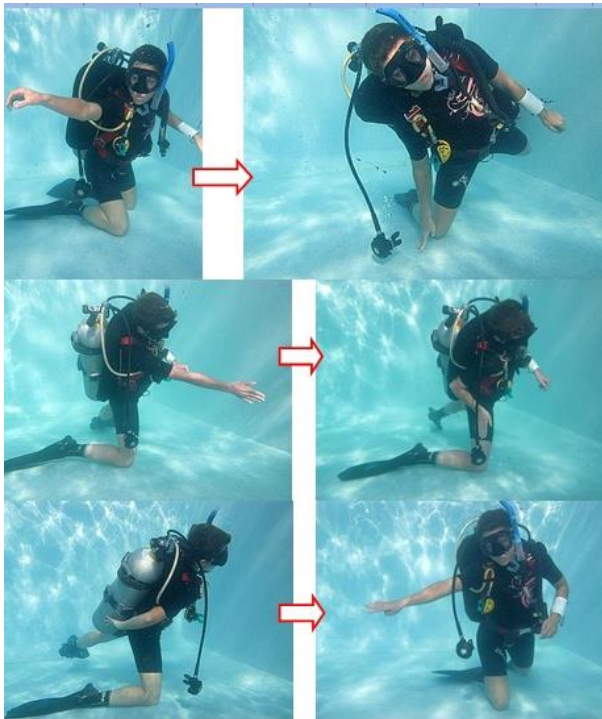
bisa terlihat antara satu dengan yang lainnya. Apabila menyelam ditempat yang *visibility*-nya sangat rendah, gunakanlah tali penghubung dengan *buddy*. Penggunaan peralatan SCUBA yang benar dan salah di kedalaman dapat dilihat pada Gambar 143.



Gambar 143. Penggunaan Peralatan SCUBA yang Benar dan Salah (Madl and Yip, 2003)

5.14. Cara Meraih Selang *Mouthpiece* yang Terlepas

Apabila pada saat kita melakukan penyelaman, dan selang *mouthpiece* kita terlepas akibat terkena benda-benda di dalam laut atau tersangkut oleh organisme-organisme di laut, maka lakukanlah prosedur pengambilannya dengan cara seperti yang terlihat pada Gambar 144.



Gambar 144. Prosedur Pengambilan Selang *Mouthpiece* yang Terlepas

5.15. Mengatasi Kehabisan Udara

5.15.1. Patungan Udara (*Buddy Breathing*) dengan Octopus Regulator

Cara ini cukup aman karena masing-masing penyelam menghisap udara dari regulator yang berbeda/terpisah sehingga tidak perlu saling bergantian (Gambar 145).



Gambar 145. Patungan Udara (*Buddy Breathing*) dengan Octopus Regulator (Madl and Yip, 2003)

5.15.2. Patungan Udara dari Satu Regulator

Karena tidak semua penyelam membawa octopus regulator, cara patungan udara dari satu regulator (Gambar 146) paling banyak dipakai oleh penyelam. Keberhasilan cara ini tergantung dari keterampilan dan ketenangan yang melakukannya, terutama penyelam yang kehabisan udara. Jika kemampuan itu tidak ada atau

kurang, kemungkinan malah kedua-duanya yang akan mendapat kesulitan. Cara patungan udara adalah untuk mengatasi keadaan darurat. Jadi tidak diperkenankan digunakan dalam penyelaman biasa/normal dengan memakai 1 tabung untuk berdua. Penyelam-penyelam yang melakukan patungan udara haruslah segera naik ke permukaan sambil tetap melakukan patungan udara.



Gambar 146. Patungan Udara (*Buddy Breathing*) dengan Satu Regulator

Menurut Jaya (1986) hal-hal yang harus diperhatikan dalam patungan udara adalah:

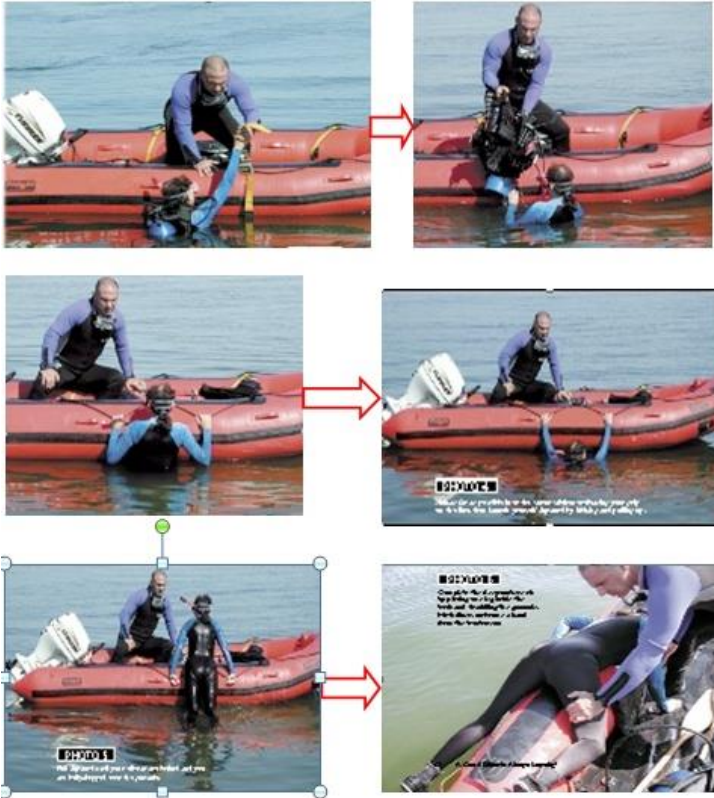
1. Penyelam donor berada disebelah kanan penyelam penerima

2. Tangan kiri penyelam donor memegang bahu/tabung penyelam penerima
3. Sebelum pemberian regulator yang pertama kali, penyelam donor menghisap dulu regulator secukupnya, sedangkan penyelam penerima menghisap 3 – 4 kali
4. Saat-saat selanjutnya penyelam donor dan penerima saling bergantian memberikan dan mengisap regulator sebanyak 2 kali
5. Saat patungan udara tangan kanan penyelam donor memegang regulator dan tangan kiri penyelam penerima juga melakukan hal yang sama
6. Pada saat menyodorkan regulator, jaga agar mouthpiece regulator selalu menghadap ke bawah---
---(mencegah *free flowing*)
7. Jika tidak sedang menghisap udara/sedang menunggu gilirannya, penyelam harus selalu “Membuang Nafas” dan “Tidak Menahan Nafas”
8. Patungan udara dilakukan untuk mencapai permukaan, bukan untuk bermain-main di kedalaman

5.15.3. Naik Ke Rubber Boat/Boat

Ketika sampai di permukaan air, penyelam akan bersegera naik ke kapal/boat atau rubber boat. Untuk memudahkan naik ke kapal/boat atau rubber boat, penyelam sebaiknya

mengikuti prosedur seperti yang terlihat pada serangkaian aktivitas pada Gambar 147.



Gambar 147. Serangkaian Tata Cara Naik ke Kapal/Rubber Boat (Laymon and Guimbellot, 2010)

Apabila setelah sampai di permukaan tetapi kapal/rubber boat relative jauh dari posisi penyelam,

sebaiknya mengapung-apung di permukaan, sambil menunggu kapal/rubber boat datang. Ada beberapa posisi yang baik untuk mengapung-apung (Gambar 148).



Gambar 148. Beberapa Cara Mengapung-Apung di Permukaan Air (Rossier and Dovala, 2010)

5.15.4. Sistem Buddy (Sistem Teman)

Sebagian besar kegiatan lebih aman jika memiliki pendamping, dan tidak terkecuali kegiatan penyelaman. Seorang buddy dalam kegiatan menyelam dapat

memberikan bantuan selama persiapan, sepasang mata untuk menjaga keselamatan kita, dan bantuannya dibutuhkan saat terjadi insiden atau kecelakaan, baik saat sebelum menyelam, saat menyelam, maupun setelah menyelam. Buddy System adalah sistem berpasangan yang diterapkan di dalam kegiatan penyelaman yang berguna untuk mencegah terjadinya resiko dalam kegiatan diving. buddy system juga semacam SOP yang diterapkan untuk saling membantu, mengontrol setiap pasangan dari mulai persiapan penyelaman, selama penyelaman hingga selesainya kegiatan penyelaman. Buddy System dilakukan dengan saling berpasangan berdua atau bertiga (bila jumlah penyelam ganjil) (<http://www.scubadiving-surabaya.com>).

Keselamatan bukanlah satu-satunya manfaat dari sistem buddy (Gambar 149). Menyelam lebih menyenangkan ketika kita memiliki seseorang untuk berbagi pengalaman dengannya. Seorang teman mengontrol dan mengamati kita aktivitas kita dengan sepasang matanya untuk mengamati kehidupan laut, mengetahui keamanan kita, dan seorang teman untuk berbagi memori dengannya setelah selesai menyelam.



Gambar 149. Sistem buddy pada kegiatan penyelaman

Sahabat terbaik adalah seorang yang akrab dengan kemampuan menyelam kita. Contoh yang sangat baik adalah teman dekat atau pasangan. Jika kita pergi seorang diri untuk pergi menyelam di suatu tempat dan tidak membawa buddy, di tempat tersebut, kita bisa bertemu dengan penyelam lain di kelas atau klub selam setempat.

Kebanyakan operator selam mengharuskan kita menyelam dengan seorang teman, dan pasangan penyelam yang tersedia adalah bagian dari proses pra-menyelam mereka. Jadi jika kita berpartisipasi dalam suatu kegiatan penyelaman, di kapal kita bisa bertemu atau mencari buddy, kalau tidak ada, dive master akan membantu kita menemukan seorang buddy untuk menyelam.

Pilih buddy dengan hati-hati. Seorang buddy yang baik dapat menjadi teman seumur hidup dan

meningkatkan pengalaman menyelam kita. Salah memilih buddy dapat membuat kita sengsara dan meningkatkan risiko saat kita menyelam. Seorang buddy yang baik menghormati kemampuan menyelam kita. Sebagai contoh, penyelam berpengalaman tidak harus menekan seorang penyelam yang kurang berpengalaman untuk menyelam di luar kemampuannya. Melakukan hal yang di luar kemampuan menyelam kita, itu sangat beresiko, sehingga penyelaman harus direncanakan untuk kemampuan penyelam kurang berpengalaman. Buddy juga harus setuju pada rencana menyelam kita dan tetap pada rencana ini pada seluruh kegiatan menyelam. Komunikasi di bawah air adalah sulit, sehingga biasanya rencana menyelam kita melenceng dari rencana, dan ini bisa menciptakan kebingungan. Akhirnya, teman-teman harus rela tetap saling berdekatan satu sama lain baik di permukaan dan selama menyelam.

Kegiatan buddy system pada kegiatan penyelaman mencakup: (1) Suiting Up antara lain menyiapkan, menyetel, dan memakai peralatan SCUBA; (2) Pengecekan peralatan antara lain saling mengecek fungsi-fungsi dari peralatan SCUBA dan pemakaian peralatan yang benar dan nyaman; (3) Sebelum terjun ke air, dilakukan pemeriksaan terakhir yaitu ABC Check (Air, Buckle dan Compensator); (4) Ketika di dalam air, seorang penyelam memiliki tanggungjawab untuk saling mengingatkan mitra

selamanya antara lain waktu bottom time, kedalaman saat penyelaman, kondisi udara; (5) Selain saling mengingatkan seorang penyelam juga memiliki tanggungjawab saling membantu bila mitra mengalami gangguan ketika menyelam; (6) Seorang penyelam selalu menyelam berdekatan dengan mitranya. Jarak antara penyelam dengan mitranya tidak terlalu jauh (sekitar 1 - 2 x panjang lengan). Hal ini akan mempermudah penyelam dengan mitranya untuk saling berkomunikasi dan membantu ketika terjadi gangguan dibawah air; dan (7) Setelah kegiatan penyelaman, setiap penyelam dan mitranya saling membantu untuk melakukan perawatan terhadap peralatan dan perlengkapan selam yang habis digunakan (<http://www.scubadivingsurabaya.com>).

Beberapa resiko penyelaman yang dapat dicegah dengan system buddy adalah: (1) Sumber daya tambahan - setiap penyelam selalu memiliki pasokan udara dalam tabung scuba yang dapat digunakan oleh mitranya dengan menggunakan octopus. Sehingga apabila terjadi gangguan pada pasokan udara yang disebabkan oleh (rusaknya mouth piece, regulator dsb), penyelam tersebut dapat memanfaatkan pasokan udara dari octopus mitranya; (2) Terjebak - mitra dapat membantu melepaskan diri ketika kita tersangkut tali pancing, jala nelayan atau tersangkut pada penyelaman di daerah kapal karam; (3) Gangguan otot - Terjadi kram pada otot di perut, kaki atau bagian

tubuh yang lain. Dengan adanya mitra menyelam maka kita tidak perlu panik. Mitra dapat membantu kita melakukan peregangan otot seketika di dalam air atau membantu kita untuk berenang ke permukaan; (4) Kehilangan peralatan - Sebuah kejadian memungkinkan menyebabkan terlepasnya fin dari kaki kita. Mitra dapat membantu untuk mengambil dan memasang fin tersebut ke kaki kita. Namun apabila fin tersebut jatuh dan tidak memungkinkan untuk diambil kembali maka mitra selam dapat membantu kita untuk berenang ke permukaan; (5) Gangguan predator - resiko akibat gangguan predator (seperti hiu) hampir bisa dipastikan mendekati 0%. Bahaya serangan ikan hiu hanya kita jumpai di film saja. Namun dengan adanya mitra akan membantu kita dalam melihat kondisi di sekitar zona penyelaman. Terutama bagi para pecinta fotografi bawah laut; (6) Berpikir bersama - tentu saja berpikir bersama akan lebih baik daripada berpikir sendirian (<http://www.scubadivingsurabaya.com>).

5.15.5. Perencanaan Menyelam

"SEABAG" adalah sebuah rencana menyelam yang harus dilakukan segera setelah kita mencapai lokasi menyelam dan sebelum peralatan apapun dibongkar. Sebuah rencana menyelam menyeluruh meliputi penilaian terhadap tempat menyelam, perencanaan darurat, dan kesepakatan

dari kegiatan menyelam. Singkatan "SEABAG" sangat membantu untuk mengatur dan melaksanakan rencana menyelam. "SEABAG" singkatan dari: Site Assessment, Emergency Plan Activity, Buoyancy, Air, Gear and Go (Penilaian Tempat menyelam, rencana darurat kegiatan, kemampuan mengapung, udara, peralatan dan pergi "Buoyancy", "Air", "Gear dan Go" merujuk pada cek buddy sebelum menyelam (<http://www.scuba-tutor.com/diving-skills/preparation/seabag.php>).

5.15.6. Sinyal Tangan

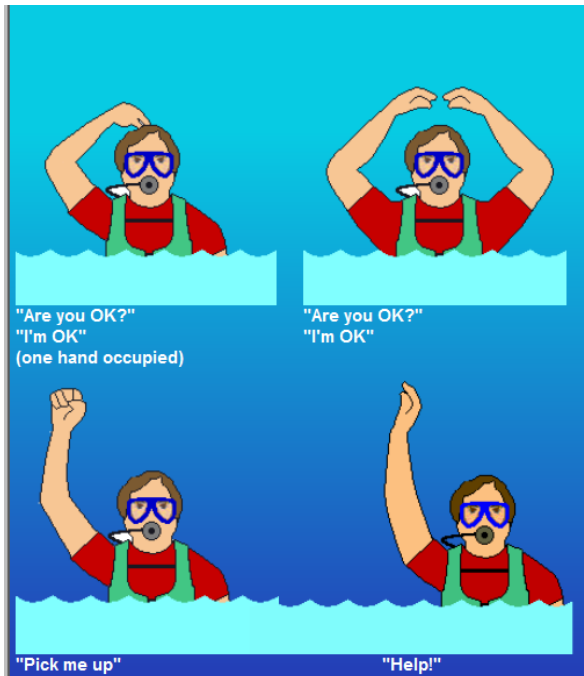
Penyelam menggunakan isyarat tangan untuk berkomunikasi satu sama lain dan bawah air di permukaan. Sebagian besar sinyal-sinyal ini dipahami universal di seluruh dunia. Sinyal lain bervariasi menurut lokasi, instruktur, atau lembaga sertifikasi. Me-review sinyal tangan sebelum menyelam adalah persiapan penting dalam kegiatan menyelam. Hal ini penting untuk mencegah kebingungan atas apa arti sinyal-sinyal khusus, dan juga memberikan kesempatan untuk berbagi sinyal khusus yang telah kita pelajari dari orang lain atau dikembangkan sendiri (<http://www.scuba-tutor.com/diving-skills/preparation>).

Sinyal permukaan yang digunakan untuk berkomunikasi dengan penyelam, divemasters, atau orang lain yang terlalu jauh untuk berbicara. Sinyal ini terdiri

dari lengan ditempatkan tinggi di atas air untuk menunjukkan kondisi saat di permukaan. Sinyal ini mencakup, apakah kamu OK dan saya OK, jemput aku, dan bantu aku (Gambar 150). Selain itu, terdapat juga sinyal tangan saat kita berada di bawah air (saat menyelam). Sinyal-sinyal ini untuk mengomunikasikan pesan umum untuk teman saat menyelam. Gambar 151 adalah sinyal paling umum yang digunakan penyelam. Sinyal di Gambar 151 mencakup apakah kamu OK, ada sesuatu yang tidak beres, berbahaya, mari kita turun, mari kita naik, saya akan mengikuti kamu, saya kekurangan udara, udara saya habis, saya butuh udara.

Sinyal harus ditampilkan secara jelas dan khas untuk menjadi efektif. Ikuti sinyal tangan tersebut di atas untuk memastikan teman memahami pesan yang kita sampaikan. Menampilkan sinyal dalam posisi yang mudah bagi teman yang melihat kita. Misalnya, jika kita mengenakan sarung tangan hitam dan wetsuit hitam, menampilkan sinyal tangan di dada kita sehingga tangan kita dapat terlihat karena latar belakangnya berwarna gelap. Menanggapi semua sinyal dengan mengulangi kembali sinyal ke teman untuk menunjukkan bahwa kita menerima dan memahami sinyal. Misalnya, jika teman menampilkan sinyal untuk naik, kita meresponnya juga dengan sinyal ascend sebelum kita berdua mulai naik. Sinyal "OK" adalah sinyal yang digunakan baik sebagai pertanyaan dan juga jawaban

(<http://www.scuba-tutor.com/diving-skills/preparation/using-hand-signals.php>).



Gambar 150. Sinyal tangan di permukaan air



Gambar 151. Sinyal tangan di dalam air

VI. BAROTRAUMA

Barotrauma adalah kerusakan jaringan dan sekuelnya yang terjadi akibat perbedaan antara tekanan udara (tekanan barometrik) di dalam rongga udara fisiologis dalam tubuh dengan tekanan di sekitarnya. Barotrauma paling sering terjadi pada penerbangan dan penyelaman dengan scuba. Tubuh manusia mengandung gas dan udara dalam jumlah yang signifikan. Beberapa diantaranya larut dalam cairan tubuh. Udara sebagai gas bebas juga terdapat di dalam saluran pencernaan, telinga tengah, dan rongga sinus, yang volumenya akan bertambah dengan bertambahnya ketinggian (<http://kampus-kedokteran.blogspot.com>).

Ekspansi gas yang terperangkap di dalam sinus bisa menyebabkan sakit kepala, ekspansi gas yang terperangkap dalam telinga tengah bisa menyebabkan nyeri telinga, dan perasaan kembung atau penuh pada perut jika ekspansi terjadi pada gas di saluran pencernaan. Ekspansi gas yang terperangkap dalam usus halus bisa menyebabkan nyeri yang cukup hebat hingga terkadang bisa menyebabkan tidak sadarkan diri. Pada ketinggian 8000 kaki gas-gas yang terperangkap dalam rongga tubuh volumenya bertambah 20% dari volume saat di darat. Semakin cepat kecepatan pendakian maka semakin besar

risiko mengalami ketidaknyamanan atau nyeri (<http://kampus-kedokteran.blogspot.com>).

Barotrauma paling sering terjadi pada perubahan tekanan yang besar seperti pada penerbangan, penyelaman misalkan pada penyakit dekompresi yang dapat menyebabkan kelainan pada telinga, paru-paru, sinus paranasalis serta emboli udara pada arteri yang dimana diakibatkan oleh perubahan tekanan yang secara tiba-tiba, misalkan pada telinga tengah sewaktu di pesawat yang menyebabkan tuba eustakius gagal untuk membuka. Tuba eustakius adalah penghubung antara telinga tengah dan bagian belakang dari hidung dan bagian atas tenggorokan. Untuk memelihara tekanan yang sama pada kedua sisi dari gendang telinga yang intak, diperlukan fungsi tuba yang normal. Jika tuba eustakius tersumbat, tekanan udara di dalam telinga tengah berbeda dari tekanan di luar gendang telinga, menyebabkan barotraumas (<http://kampus-kedokteran.blogspot.com>).

Berdasarkan Hukum Boyle dapat dijelaskan bahwa suatu penurunan atau peningkatan pada tekanan lingkungan akan memperbesar atau menekan (secara berurutan) suatu volume gas dalam ruang tertutup. Bila gas terdapat dalam struktur yang lentur, maka struktur tersebut dapat rusak karena ekspansi ataupun kompresi. Barotrauma dapat terjadi bilamana ruang-ruang berisi gas dalam tubuh (telinga tengah, paru-paru) menjadi ruang

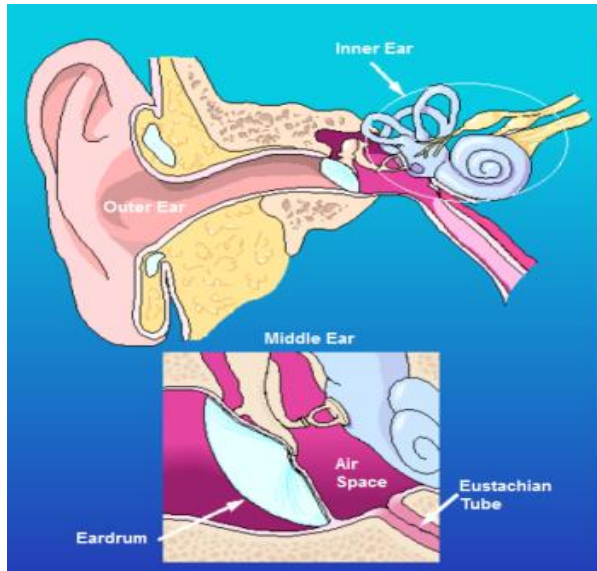
tertutup dengan menjadi buntunya jaras-jaras ventilasi normal.

Untuk Barotrauma yang terjadi pada tubuh, 5 kondisi di bawah ini harus ditemukan: (1) harus ada udara, (2) tempatnya harus dipisahkan oleh dinding yang keras, (3) tempatnya harus tertutup, (4) tempatnya harus memiliki pembuluh darah, (5) terjadi perubahan tekanan dari lingkungan sekitar

6.1. Barotrauma Telinga

Anatomi Telinga

Telinga terbagi atas tiga bagian utama, yaitu: (telinga bagian luar (outer ear), telinga bagian dalam (inner ear), dan telinga bagian tengah (middle ear). Telinga bagian luar adalah bagian yang kelihatan, daun telinga sampai gendang telinga. Telinga tengah terdiri dari organ-organ pendengaran yang mengirimkan sinyal-sinyal bunyi ke otak (Gambar 158).



Gambar 158. Anatomi telinga

Seorang penyelam hanya berfokus pada telinga tengah, yang terdapat ruang di belakang gendang. Udara dipasok ke telinga bagian tengah oleh saluran yang pendek yang disebut *Eustachian tube*, yang berhubungan dengan kerongkongan. Telinga tengah penting karena sebagai mekanisme penyeimbang tubuh. Jika tekanan dan suhu di dalam telinga tengah berbeda antara satu dengan yang lainnya, kita akan kehilangan rasa keseimbangan dan merasakan pusing atau vertigo, yang dapat menjadi suatu pengalaman yang tidak nyaman.

Squeeze Telingah Tengah (Middle Ear Squeezes)

Squeeze telinga tengah terjadi ketika tekanan di dalam tengah lebih rendah daripada tekanan di sekelilingnya. Keadaan ini terjadi selama descent, dan kita mungkin telah mengalaminya saat pesawat mendarat atau kita menuruni gunung. Perubahan tekanan adalah sangat dramatis di dalam air, dan kebanyakan penyelam memulai merasakan pengaruh suatu squeeze setelah turun (descent) hanya beberapa feet. Ketika penyelam turun, tekanan menyebabkan Eustachian tube tertutup, yang membuat ruang udara tertutup di belakang gendang telinga.

Teknik Equalisasi Telinga

Ini sangat penting untuk menyamakan telinga kita saat awal dan sesering mungkin selama turun (descent) untuk mencegah squeeze. Persamaan tekanan dapat dicapai dengan menambahkan udara ke telinga tengah melalui Eustachian Tube. Penyelam menggunakan beberapa metode equalisasi telinganya. Pada umumnya adalah Manuver *Valsalva*, yang dilakukan dengan cara memencet hidung, menutup mulut kita, dan dengan lembut menghembuskan napas sampai kita mendengar atau merasakan tekanan di telinga kita menjadi sama (Gambar 159). Bila menggunakan prosedur ini, berhati-hatilah untuk tidak menghembuskan napas terlalu kuat, karena dapat menyebabkan kerusakan pada telinga kita. Beberapa

penyelam berhasil juga menggunakan metode lainnya, seperti menggoyang-goyang rahang, menguap, menelan, atau memiringkan kepala kita dari sisi ke sisi. Metode ini dapat juga dikombinasikan dengan Manuver Valsava untuk membuat penyamaan tekanan menjadi mudah.

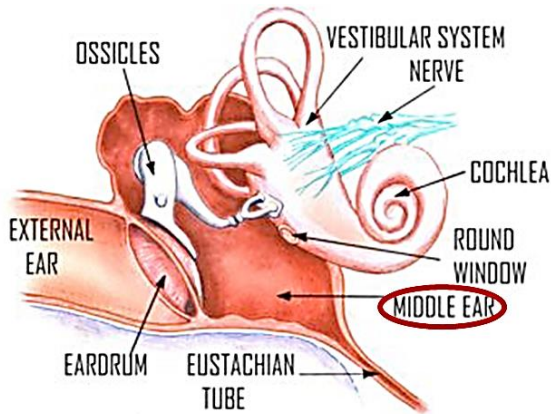


Gambar 159. Equalisasi dengan metode *Manuver Valsalva*

Menyamakan tekanan telinga kita sulit dan berbahaya ketika kita mengalami flu berat. Selain tabung eustachius berlendir dan berbakteri, penyelam juga kesulitan menyamakan tekanan karena saluran eustachian dipenuhi oleh lendir. Oleh karena itu, hindarilah menyelam ketika kita mengalami flu berat.

Tuba eustakius secara normal selalu tertutup namun dapat terbuka pada gerakan menelan, mengunyah, menguap, dan dengan manuver Valsava. Pilek, rinitis alergika serta berbagai variasi anatomis individual, semuanya merupakan predisposisi terhadap disfungsi tuba eustakius.

Barotrauma telinga tengah atau *aerotitis media* atau *ear block* didefinisikan sebagai proses inflamasi akut di telinga tengah (*middle ear*) sebagai akibat perubahan tekanan atmosfer. Berdasarkan patologi, barotraumas dibagi dua, yaitu barotitis media dan baromiringitis. Barotitis media adalah keadaan patologis yang ditandai peradangan pada mukosa telinga tengah, perdarahan dan cairan transudat di telinga tengah. Baromiringitis adalah kerusakan struktur membran timpani. Barotrauma telinga tengah terjadi akibat kegagalan tuba Eustachius untuk menyamakan tekanan antara telinga tengah dan lingkungan saat terjadi perubahan tekanan. Kecepatan dan besarnya perubahan tekanan berpengaruh terhadap terjadinya barotrauma. Makin cepat perubahan tekanan yang terjadi dan makin besar perbedaan tekanan yang ada, maka makin mudah barotrauma terjadi (Pitoyo *et al.*, 2009).

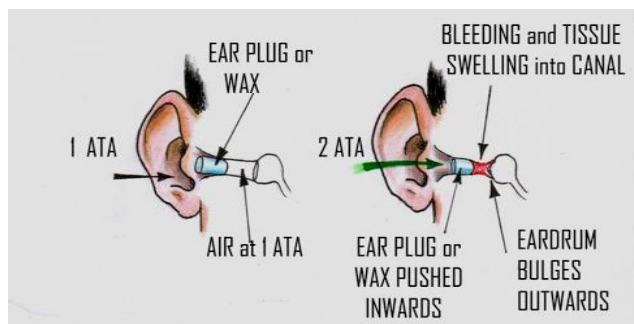


Gambar 160. Telinga tengah (middle ear) (lingkaran merah) pada anatomi telinga manusia

Berdasarkan tempat kejadiannya, barotrauma telinga terbagi atas barotrauma telinga luar (external ear barotraumas/external ear squeeze) dan barotaruma telinga tengah (middle ear squeeze, aerotitis media).

Jika saluran telinga luar terhambat, gas yang terjebak di dalamnya akan dikompresi dan berkurang volumenya selama turun/descent (ingat Hukum Boyle). Hal ini akan menyebabkan gendang telinga menonjol ke arah luar dan kulit yang melapisi saluran telinga juga mengalami pembengkakan. Penyumbatan saluran teliga dapat disebabkan oleh hood yang ketat, tahi telinga, pertumbuhan tulang (exostoses) di telinga atau memakai sumbat telinga. Kondisi Seperti ini dapat ditemui pada kedalaman paling dangkal 2 meter, sumbat telinga tidak

harus dipakai selama dan pada semua jenis penyelaman. Gejala-gejala termasuk ketidaknyamanan jika terjadi barotrauma telinga luar adalah nyeri pada saat turun (descent), pendarahan pada telinga luar, dan dampak lainnya adalah penyelam kesulitan melakukan ekualisasi.



Gambar 170. Gambaran kerusakan akibat barotrauma telinga luar Pada saat turun/descent

Telinga tengah merupakan suatu rongga tulang dengan hanya satu penghubung ke dunia luar, yaitu melalui tuba Eustachii. Tuba ini biasanya selalu tertutup dan hanya akan membuka pada waktu menelan, menguap, Valsava maneuver. Valsava maneuver dilakukan dengan menutup mulut dan hidung, lalu meniup dengan kuat. Dengan demikian tekanan di dalam pharynx akan meningkat sehingga muara dapat terbuka

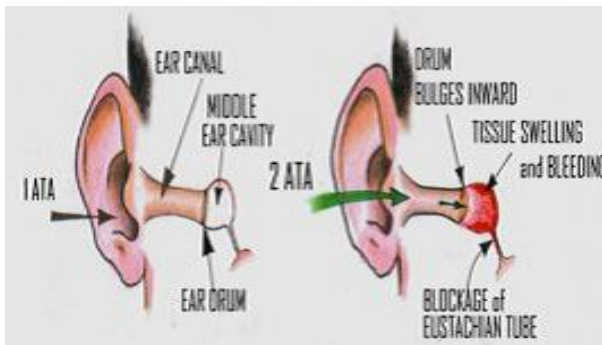
Risiko utama barotrauma pada telinga yang ditemui pada saat turun (descent) yang paling umum adalah pada

telinga tengah. Sekitar seperempat dari peserta pelatihan menyelam mengalami hal ini dengan tingkatan kesakitan yang bervariasi.

Tekanan air di sekitar penyelam meningkat saat dia turun. Tekanan ini diteruskan ke cairan tubuh dan jaringan sekitar rongga telinga tengah yang menyebabkan kompresi ruang gas di telinga tengah (Hukum Boyle). Penyelam menyadari sensasi tekanan dan mengkompensasi penurunan volume gas di telinga tengah tersebut dengan jalan melakukan equalizing, yaitu menyamakan tekanan di rongga telinga tengah dengan tekanan air di luar telinga tengah. Pada saat equalizing udara dari tenggorokan dimasukkan ke rongga telinga tengah melalui saluran Eustachian.

Jika penyelam gagal untuk menyamakan tekanan atau equalizing, tekanan air akan memaksa gendang telinga ke melengkung ke arah dalam, peregangan dan meningkatnya sensasi tekanan mengakibatkan rasa sakit. Pada saat yang sama, volume gas berkurang di telinga tengah yang dikompensasi pembengkakan pada lapisan (mukosa) ruang telinga tengah. Pada akhirnya, pembuluh darah menjadi lebih besar dan pecah, sehingga perdarahan pada gendang telinga dan ruang telinga tengah. Kerusakan jaringan ini terjadi beberapa hari atau minggu untuk menyembuhkannya. Terkadang gendang telinga sendiri akan robek atau pecah.

Kedalaman di mana kerusakan ini terjadi tergantung pada ukuran ruang telinga tengah dan fleksibilitas gendang telinga. Hal ini biasanya dicapai pada 1-2 meter dan jika penyelam tidak menyamakan pada saat dia telah mencapai kedalaman ini, barotrauma telinga mungkin terjadi.



Gambar 171. Gambaran kerusakan akibat barotrauma telinga tengah (middle ear) pada saat turun/descent

Dari Gambar 171 diatas ini dapat dilihat bahwa ujung tuba di bagian telinga tengah akan selalu terbuka, karena terdiri dari massa yang keras/tulang. Sebaliknya ujung tuba di bagian pharynx akan selalu tertutup karena terdiri dari jaringan lunak, yaitu mukosa pharynx yang sewaktu-waktu akan terbuka di saat menelan. Perbedaan anatomi antara kedua ujung tuba ini mengakibatkan udara lebih mudah mengalir keluar daripada masuk kedalam

cavum tympani. Hal inilah yang menyebabkan kejadian barotitis lebih banyak dialami pada saat menurun dari pada saat naik tergantung pada besarnya perbedaan tekanan, maka dapat terjadi hanya rasa sakit (karena teregangnya membrana tympani) atau sampai pecahnya membrana tympani.

Barotrauma descent dan ascent dapat terjadi pada penyelaman. Imbalans tekanan terjadi apabila penyelam tidak mampu menyamakan tekanan udara di dalam rongga tubuh pada waktu tekanan air bertambah atau berkurang

Barotrauma telinga adalah yang paling sering ditemukan pada penyelam dibagi menjadi 3 jenis yaitu barotrauma telinga luar, tengah dan dalam, tergantung dari bagian telinga yang terkena. Barotrauma telinga ini bisa terjadi secara bersamaan dan juga dapat berdiri sendiri.

Barotrauma telinga luar berhubungan dengan dunia luar, maka pada waktu menyelam, air akan masuk ke dalam meatus akustikus eksternus. Bila meatus akustikus eksternus tertutup, maka terdapat udara yang terjebak. Pada waktu tekanan bertambah, mengecilnya volume udara tidak mungkin dikompensasi dengan kolapsnya rongga (kanalis akustikus eksternus), hal ini berakibat terjadinya decongesti, perdarahan dan tertariknya membrana timpani ke lateral. Peristiwa ini mulai terjadi

bila terdapat perbedaan tekanan air dan tekanan udara dalam rongga kanalis akustikus eksternus sebesar ± 150 mmHg atau lebih, yaitu sedalam 1,5 – 2 meter.

Barotrauma telinga tengah akibat adanya penyempitan, inflamasi atau udem pada mukosa tuba mempengaruhi kepatenannya dan merupakan penyulit untuk menyeimbangkan tekanan telinga tengah terhadap tekanan ambient yang terjadi padasaat *ascent* maupun *descent*, baik penyelaman maupun penerbangan. Terjadinya barotrauma tergantung pada kecepatan penurunan atau kecepatan peningkatan tekanan ambient yang jauh berbeda dengan kecepatan peningkatan tekanan telinga tengah.

Barotrauma telinga dalam biasanya adalah komplikasi dari barotrauma telinga tengah pada waktu menyelam, disebabkan karena melakukan maneuver valsava yang dipaksakan. Bila terjadi perubahan dalam kavum timpani akibat barotrauma maka membran timpani akan mengalami edema dan akan menekan stapes yang terletak pada foramen ovale dan membran pada foramen rotunda, yang mengakibatkan peningkatan tekanan di telinga dalam yang akan merangsang labirin vestibuler sehingga terjadi deviasi langkah pada pemeriksaan "Stepping Test". Dapat disimpulkan, gangguan pada telinga tengah dapat berpengaruh pada labirin vestibuler dan menampakkan ketidakseimbangan laten pada tonus

otot melalui refleks vestibulospinal. Seperti yang dijelaskan di atas, tekanan yang meningkat perlu diatasi untuk menyeimbangkan tekanan, sedangkan tekanan yang menurun biasanya dapat diseimbangkan secara pasif. Dengan menurunnya tekanan lingkungan, udara dalam telinga tengah akan mengembang dan secara pasif akan keluar melalui tuba eustakius. Dengan meningkatnya tekanan lingkungan, udara dalam telinga tengah dan dalam tuba eustakius menjadi tertekan. Hal ini cenderung menyebabkan penciutan tuba eustakius. Jika perbedaan tekanan antara rongga telinga tengah dan lingkungan sekitar menjadi terlalu besar (sekitar 90 sampai 100mmhg), maka bagian kartilaginosa dari tuba eustakius akan semakin menciut. Jika tidak ditambahkan udara melalui tuba eustakius untuk memulihkan volume telinga tengah, maka struktur-struktur dalam telinga tengah dan jaringan di dekatnya akan rusak dengan makin bertambahnya perbedaan. Terjadi rangkaian kerusakan yang dapat dipekirakan dengan berlanjutnya keadaan vakum relatif dalam rongga telinga tengah. Mula-mula membrana timpani tertarik ke dalam. Retraksi menyebabkan membrana dan pecahnya pembuluh-pembuluh darah kecil sehingga tampak gambaran injeksi dan bula hemoragik pada gambaran injeksi dan bula hemoragik pada gendang telinga tengah juga mukosa telinga tengah juga akan berdilatasi dan pecah, menimbulkan hemotimpanum.

Kadang-kadang tekanan dapat menyebabkan ruptur membrana timpani.

Gejala-gejala klinik barotrauma telinga terbagi atas: (1) gejala descent barotraumas, yang mencakup rasa nyeri (bervariasi) pada telinga yang terpapar, kadang ada bercak darah di hidung atau nasofaring, dan rasa tersumbat dalam telinga/tuli konduktif; dan (2) gejala ascent barotraumas yang mencakup rasa tertekan atau nyeri dalam telinga, vertigo, tinnitus/tuli ringan, dan barotrauma telinga dalam sebagai komplikasi.

Grading klinis kerusakan membrane timpani akibat barotrauma terbagi atas: Grade 0 : bergejala tanpa tanda-tanda kelainan; Grade 1 : injeksi membrane timpani; Grade 2 : injeksi, perdarahan ringan pada membrane timpani; Grade 3 : perdarahan berat membrane timpani; Grade 4 : perdarahan pada telinga tengah (membrane timpani menonjoldan agak kebiruan; Grade 5 : perdarahan pada meatus eksternus + rupture membrane timpani.

6.2. Barotrauma Sinus

Rongga tubuh yang lain yang sering mendapat gangguan akibat adanya perbedaan tekanan antara di dalam rongga dan sekitar tubuh adalah sinus paranasalis. Dinding sinus ini dilapisi mukosa dan muaranya pada cavum nasi. Ada 4 buah sinus pada tubuh kita, tapi yang sering terganggu adalah 2 buah, yaitu sinus maxilaris dan

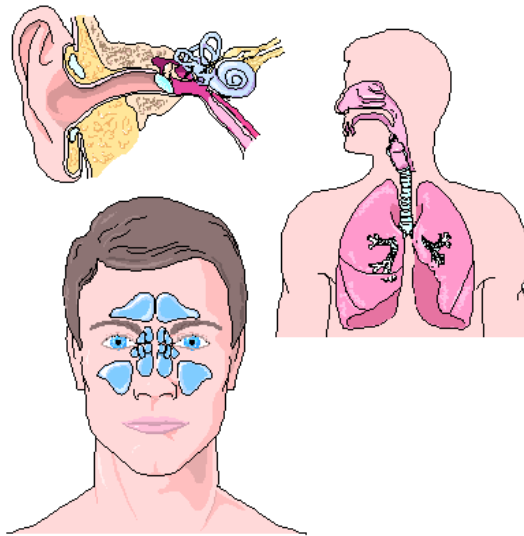
sinus frontalis, sedang yang 2 buah lagi, yaitu sinus ethmoidalis dan sinus sphenoidalis jarang terganggu. Kelainan di sinus-sinus ini disebut: Barosinusitis. Prosentase kejadiannya kira-kira 1,17 – 1,5%. Sinus adalah kantung udara di tulang atau sekeliling hidung. Sinus barotrauma terjadi ketika terjadi perbedaan tekanan antara udara di dalam sinus dengan tekanan di luar. Penderita dapat merasakan nyeri di sekitar tulang pipi atau di bagian atas mata, kadang juga dapat terjadi infeksi sinus, perdarahan dari hidung, dan sakit kepala.

Sinus paranasalis bermuara di rongga hidung. Lubang muara tersebut relatif sempit. Dinding rongga sinus ini dilapisi oleh mukosa dan selalu dalam keadaan basah, maka di dalam rongga sinus itu selalu ada uap air yang jenuh. Karena cara terjadinya serangan pada semua sinus adalah sama saja, maka akan diterangkan salah satunya saja, yaitu pada sinus maxilaris. Sekarang mari kita lihat apa yang terjadi pada saat pesawat naik. Sewaktu di permukaan laut, tekanan udara di sinus maxilaris sama dengan di rongga hidung/di udara luar sekitar tubuh, yaitu 760 mmHg. Bila kemudian orang ini kita bawa ke ketinggian tertentu, misalnya 5,5 km, dimana tekanan udara kira-kira $1/2$ Atm, maka akan terjadi perbedaan tekanan di dalam rongga sinus dan di rongga hidung. Bila kecepatan naiknya secara perlahan-lahan, perbedaan tekanan tersebut akan dapat diatasi dengan adanya aliran

udara dari rongga sinus ke rongga hidung. Tetapi bila kecepatan naik dari pesawat demikian besar, maka mengingat sempitnya lubang muara sinus itu, aliran udara yang terjadi tidak akan dapat mencapai keseimbangan tekanan, berarti tekanan di dalam rongga sinus lebih tinggi daripada di rongga hidung, dengan akibat terjadinya penekanan terhadap mukosa sinus. Inilah yang mengakibatkan timbulnya rasa sakit dan inflamasi, yang disebut Barosinusitis. Hal yang sebaliknya akan terjadi pada waktu pesawat menurun

Dari penjelasan diatas ternyata bahwa besarnya lubang muara sinus turut menentukan proses terjadinya barosinusitis. Semakin kecil muara sinus itu, makin besar kemungkinan terjadinya barosinusitis. Jadi pada seseorang yang menderita sakit di saluran pernafasan bagian atas, pembengkakan/penebalan mukosa mengakibatkan penyempitan muara sinus, sehingga akan mengalami kesulitan dalam mencapai keseimbangan tekanan. Mengenai prosentase kejadian sewaktu naik/turun, Adler berpendapat bahwa prosentase waktu turun lebih besar daripada waktu naik. Sebenarnya hal ini tergantung pada bentuk mukosa di muara sinus tersebut. Pada orang normal muara ini terbuka rata. Sedang pada beberapa orang mukosa di muara sinus itu berbentuk seperti bibir, maka hal ini akan mengakibatkan aliran udara cenderung untuk lebih mudah keluar daripada memasuki rongga

sinus. Dalam kondisi seperti ini prosentase barosinusitis akan lebih besar pada waktu pesawat menurun daripada waktu naik.



Gambar 172. Telinga, sinus dan paru-paru (<http://www.scuba-tutor.com/dive-injuries/barotrauma>)

Overexpansion Injury atau cedera akibat tekanan berlebihan diakibatkan oleh peselam menahan nafas saat naik ke permukaan. Hukum Boyle mengatur tentang volume udara dalam air saat bertambahnya tekanan akibat kedalaman air. Kita dapat bayangkan paru-paru kita seperti balon udara, saat masuk kedalam air 10 meter akan menjadi kempes karena mendapatkan tekanan 2 Bar,

sehingga udara dalam tabung mengkompensasi volume udara dalam paru-paru agar “normal” kembali dan tidak kempes tertekan. Bisa dibayangkan kalau peselam dari kedalaman 10 meter saat paru-parunya sudah terkompensasi udara kemudian menahan nafas dan naik ke permukaan, udara akan menjadi dua kali kapasitas paru dan “tidak bisa kemana-mana” karena peselam menahan nafas, dan akan menyebabkan alveoli paru-paru meledak dan udara masuk ke tempat yang tidak seharusnya (Lung Expansion Injury). Biasanya gejala umum Overexpansion Injury adalah mati rasa, kehilangan pendengaran, penglihatan, atau suara, nyeri dada, kesulitan bernapas, pingsan, dan berujung pada kematian. Overexpansion Injury dapat menampakkan diri dengan empat cara:

1. Arterial Gas Embolism (AGE) atau Emboli Gas Arteri, udara yang tertahan masuk kedalam aliran darah dan berjalan ke kapiler kecil otak dan udara tersebut akan memblokir aliran darah. Dapat ditebak kemudian peselam tersebut akan mengalami stroke, kelumpuhan, kerusakan otak dan bahkan kematian mendadak.
2. Mediastinal Emphysema atau Emfisema Mediastinum, udara yang tertahan terkumpul dalam rongga sekitar jantung. Hal ini menyebabkan penambahan tekanan pada jantung dan akhirnya menyebabkan gagal jantung dan berakibat kematian.

3. Pneumotorax, udara yang tertahan masuk dalam rongga pleura di bagian luar paru-paru. Dada akan terasa nyeri sekali dan dapat menyebabkan paru-paru gagal bekerja atau kolaps yang juga berujung ke kematian.
4. Subcutaneous Emphysema atau Emfisema subkutan, ini yang paling tidak berbahaya dari seluruh manifestasi cedera overexpansion. Dalam hal ini, udara terkumpul dalam jaringan subkutan biasanya sekitar bahu dan leher. Kulit akan terasa gatal dan kenyal-kenyal seperti spons.

VII. PENYAKIT DEKOMPRESI

7.1. Pengertian Penyakit Dekompresi

Penyakit dekompresi adalah penyakit yang terjadi akibat dari kesalahan prosedur dekompresi. Kesalahan prosedur dekompresi akan menyebabkan terjadinya gelembung udara. Jumlah gelembung gas dan lokasinya akan menentukan tipe-tipe penyakit dekompresi. Adanya faktor predisposisi memperbesar kemungkinan terjadinya penyakit dekompresi. Penyakit dekompresi merupakan keadaan darurat yang harus segera diterapi menggunakan hiperbarik oksigen terapi dengan golden period selama 6-24jam. Kecepatan pemberian terapi sangat berperan dalam menentukan hasil terapi (Perdokla, 2009).

Penyakit dekompresi (DCS) diakibatkan oleh gas yang keluar dari fase larut dalam cairan tubuh dan jaringan saat penyelam naik terlalu cepat. Hal ini terjadi karena penurunan tekanan, yang menurunkan kelarutan gas dalam cairan. Selain itu, perluasan gas di paru-paru dapat menyebabkan pecahnya alveoli, yang dikenal sebagai "Pulmonary Overinflation Syndrome," yang mungkin pada akhirnya menghasilkan *arterial gas embolism* (AGE). DCS, AGE, dan kesemuanya diistilakan "penyakit dekompresi" (Campbell, 1997).

Penyakit dekompresi (DCS) mengacu pada sindrom klinis penurunan neurologis, nyeri, atau gangguan klinis lainnya yang dihasilkan dari jaringan tubuh yang jenuh dengan gas inert setelah penurunan ambien tekanan. Gas Embolism arteri (AGE) mengacu pada gelembung gas dalam sistem arteri sistemik akibat barotrauma paru, entri iatrogenik gas ke dalam sistem arteri dan vena. Dekompresi penyakit (DCI) adalah istilah inklusif yang mencakup salah satu atau keduanya, DCS dan AGE.

Penyakit dekompresi diakibatkan oleh gelembung gas pada pembuluh darah dan jaringan tubuh lainnya sebagai akibat perubahan tekanan dari tinggi ke rendah, saat penyelam naik ke permukaan (ascends). Emboli gas arteri (*arterial gas embolism*) terjadi ketika gelembung gas menyumbat aliran darah dan terjadi ketika gelembung gas yang menyebabkan peredaran darah dan kekacauan inflamasi memasuki sirkulasi arteri, menghambat aliran darah ke berbagai organ. Dokter darurat perlu dipersiapkan untuk mengenali dan mengelola efek bahwa penyakit dekompresi dapat terjadi pada berbagai sistem tubuh (Edmond *et al.*, 2010).

DCS, seperti yang umumnya diketahui, disebabkan oleh pengembangan gelembung nitrogen dalam tubuh. Ketika kita menghirup udara, sekitar 79 % dari udara yang kita hirup adalah nitrogen. Saat kita turun dalam air, tekanan di sekitar tubuh kita meningkat, menyebabkan

nitrogen terserap ke dalam jaringan tubuh kita. Saat terserap di dalam jaringan tubuh, hal tersebut tidak berbahaya dan itu sangat mungkin bagi tubuh untuk terus menyerap nitrogen sampai mencapai titik yang disebut saturasi, yang merupakan titik di mana tekanan dalam jaringan sama dengan tekanan di sekitarnya.

Masalah muncul ketika tekanan ini berkurang. Untuk melepaskan nitrogen secara perlahan dari tubuh, penyelam harus naik perlahan dan melaksanakan *decompression stop* jika diperlukan. Hal ini memungkinkan nitrogen untuk perlahan-lahan merembes keluar dari jaringan tubuh dan segera kembali menjadi gas atau menjadi gelembung kecil yang tidak berbahaya, yang akhirnya akan menjadi ke gas kembali. Proses ini dilakukan melalui paru-paru.

Jika penyelam naik terlalu cepat dan nitrogen lolos jaringan tubuh terlalu cepat menjadi gelembung dalam tubuh dan ini menyebabkan Decompression Sickness. Gelembung yang berbahaya jika terdapat pada arteri, sedangkan pada vena tidak berbahaya.

7.2. Tipe-Tipe Penyakit Dekompresi

Ada beberapa jenis penyakit dekomposisi (Decompression Sickness), yaitu:

7.2.1. Decompression Sickness Tipe I

Penyakit Dekompresi Tipe I adalah bentuk paling tidak serius dari Decompression Sickness. Biasanya hanya melibatkan rasa sakit dalam tubuh dan tidak segera mengancam kehidupan. Penting untuk dicatat bahwa gejala Tipe I Decompression Sickness mungkin tanda-tanda peringatan masalah yang lebih serius.

7.2.2. Cutaneous Decompression Sickness

Ini adalah ketika gelembung nitrogen keluar dari larutan dalam kapiler kulit. Hal ini biasanya menghasilkan ruam merah, sering pada bahu dan dada. Tipe ini ditandai dengan sakit di persendian. Tidak diketahui persis apa yang menyebabkan rasa sakit. Teori umum adalah bahwa hal itu disebabkan oleh gelembung dapat memperparah sumsum tulang, tendon, dan sendi. Rasa sakit dapat berada di satu tempat atau dapat bergerak dari satu sendi ke sendi lainnya.



Gambar 173. Ruam merah pada Cutaneous Decompression Sickness (Herman, 2013)

7.2.3. Decompression Sickness Tipe II

Penyakit dekompresi Tipe II adalah yang paling serius dan dapat segera mengancam jiwa. Efek utama adalah pada sistem saraf.

7.2.4. Neurologis Decompression Sickness

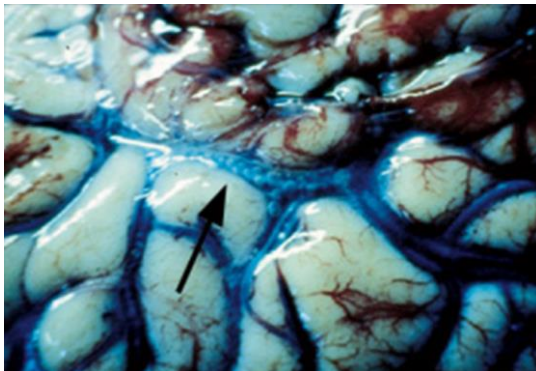
Ketika gelembung nitrogen mempengaruhi sistem saraf mereka dapat menyebabkan masalah di seluruh tubuh. Jenis Penyakit dekompresi biasanya menunjukkan sebagai kesemutan, mati rasa, gangguan pernapasan, dan pingsan. Gejala dapat menyebar dengan cepat dan jika tidak ditangani dapat menyebabkan kelumpuhan atau bahkan kematian.

8.1.1. Paru Decompression Sickness

Ini adalah bentuk yang jarang terjadi pada penyakit dekompresi, yang terjadi ketika gelembung terbentuk di kapiler paru-paru. Untungnya, sebagian besar gelembung larut secara alami melalui paru-paru. Namun, adalah mungkin bagi mereka untuk mengganggu aliran darah ke paru-paru yang dapat menyebabkan pernapasan yang serius dan mengancam jiwa dan masalah jantung.

7.2.5. Cerebral Decompression Sickness

Hal ini dimungkinkan untuk gelembung yang membuat jalannya ke dalam aliran darah arteri untuk pindah ke otak dan menyebabkan emboli gas arteri (Gambar #). Hal ini sangat berbahaya dan dapat diidentifikasi dengan gejala seperti penglihatan kabur, sakit kepala, kebingungan, dan ketidaksadaran.



Gambar 174. Emboli gas arteri

7.3. Klasifikasi Gejala Penyakit Dekompresi

Di masa lalu hal itu dianggap biasa untuk menggambarkan penyakit dekomposisi (DCS) sebkategori Tipe 1 (ringan-musculo-skeletal atau persendian) atau tipe 2 (serius - kardio-paru dan neurologis) DCS. Sekarang ini disepakati untuk mengklasifikasikan gambaran klinis DCS sesuai dengan organ atau sistem yang terlibat (misalnya neurologis, musculo-skeletal dll). Ini sangat sesuai untuk mendapatkan penggambaran gejala klinis yang merupakan indikasi kemungkinan terjadinya perubahan gejala-gejala yang muncul (seperti yang dijelaskan kemudian), karena keduanya mempengaruhi pengobatan yang diperlukan.

7.3.1. Gejala Awal

Gambaran klinis DCS terlihat selama atau setelah ascent. Pada sebagian besar kasus, Gejala akan jelas dalam waktu enam jam, dan 50% dalam satu jam pertama setelah penyelaman. Jarang terjadi, gejala muncul terlambat dalam rentang waktu 24 jam atau lebih. Penyelam sering mengabaikan realitas gejala penyakit ini pada mereka, atau akan merasionalisasinya dengan cara mengabaikannya. Dalam banyak kasus, hanya sebagian penyelam meminta bantuan dalam waktu 12 jam sejak timbulnya gejala pada mereka.

Waktu timbulnya gejala tergantung pada tingkat tertentu pada kategori penyelaman. Pada penyelaman (lebih dari 30 meter), terutama mereka yang membutuhkan dekompresi atau mendekati batas no-decompression atau di mana dekompresi telah dihilangkan, kemungkinan munculnya gejala bisa lebih awal. Pada kasus ekstrim, gejala dapat muncul selama ascent atau pada saat decompression stop. Secara umum, semakin cepat terjadi gejala, semakin berpotensi serius suatu penyakit DCS.

Gejala dapat dimulai atau diperburuk oleh paparan ketinggian (mengemudi di atas pegunungan, perjalanan udara), olahraga atau menghirup gas-gas tertentu. Penyelam harus diberitahukan mengenai potensi komplikasi serius terbang setelah menyelam.

7.3.2. Gambaran Klinis Penyakit Dekompresi

a. Penyakit Dekompresi Akut (*Acute Decompression Illness/ADI*)

Meskipun istilah ADI dapat mencakup semua jenis DCS dan barotrauma, namun biasanya hanya terbatas pada DCS dan emboli gas arteri (AGE) dari barotrauma paru-paru. Secara neurologis DCS dan AGE mungkin sulit untuk membedakan ketika mereka berbagi gejala yang sama - dan awal pengobatan pertolongan pertamanya mirip.

Gejala penyakit DCS dan AGE sulit untuk dibedakan, bahkan kemiripan gejalanya relative sama. Menggabungkan dua penyakit di bawah penggambaran umum bermakna bagi mereka yang sulit menemukannya untuk membedakan dari sejarah, syptomatology dan tanda-tanda klinis. Akhirnya, baik dalam pengobatan definitif dan saran dalam perencanaan masa depan untuk penyelam, perlu untuk lebih spesifik (Edmond *et al.*, 2010).

Emboli gas arteri disebabkan oleh masuknya gelembung gas ke dalam sirkulasi arteri sebagai akibat dari sindrom inflasi berlebih pada paru-paru. Emboli gas bisa terwujud dalam setiap penyelam di mana napas yang diambil menggunakan peralatan pernapasan bawah air, bahkan pada penyelaman yang relative singkat, dangkal, atau pada kolam renang sekalipun. Gejala awal biasanya tiba-tiba dan dramatis, sering terjadi dalam beberapa menit setelah tiba di permukaan atau bahkan sebelum mencapai permukaan. Karena pasokan darah ke sistem saraf pusat hampir selalu terganggu, emboli gas arteri (arterial gas embolism) dapat menyebabkan kematian atau kerusakan saraf permanen jika tidak diobati dengan recompression langsung (U.S. Navy Diving Manual, Volume 5).

Sebagai aturan dasar, setiap penyelam yang telah menghirup udara terkompresi dari sumber manapun di kedalaman, baik dari peralatan selam atau dari diving bell, dan sesampai di permukaan dia sadar, kehilangan kesadaran, atau memiliki gejala-gejala neurologis yang jelas dalam waktu 10 menit mencapai permukaan, harus diasumsikan menderita emboli gas arteri. Perawatan recompression akan segera dimulai. Seorang penyelam yang sesampai di permukaan tidak sadar dan pulih setelah terkena udara segar akan menerima evaluasi neurologis, yaitu mengesampingkan emboli gas arteri (U.S. Navy Diving Manual – Volume 5).

Tanda-tanda dan gejala AGE mungkin termasuk serangan awal adalah langsung pusing, kelumpuhan atau kelemahan pada kaki dan tangan, kelainan penglihatan, kejang atau perubahan kepribadian. Selama naik ke permukaan (ascent), penyelam mungkin telah memperlihatkan sensasi mirip dengan pukulan ke dada. Korban dapat menjadi tidak sadar tanpa peringatan dan mungkin berhenti bernapas. Gejala tambahan dari AGE meliputi: (a) kelelahan ekstrim, (b) Kesulitan dalam berpikir, (c) Vertigo, (d) Mual dan/atau muntah, (e) Kelainan pendengaran, (f) dahak berdarah, (g) Kehilangan kontrol atas fungsi tubuh, (h) Gemetar, (i)

Kehilangan koordinasi, (j) Mati rasa (U.S. Navy Diving Manual — Volume 5)

Penyakit dekompresi

<http://kampus-kedokteran.blogspot.com/2011/10/barotrauma.html>

Salah satu komplikasi dari barotrauma adalah kolaps paru. Komplikasi yang lain adalah penyakit dekompresi yang terjadi karena kadar nitrogen terdapat dalam aliran darah yang bertekanan tinggi. Gelembung udara yang terbentuk pada saat turun ke kedalaman dari permukaan air pada saat menyelam disebut emboli udara. Emboli udara bisa terdapat di beberapa organ tubuh. Akan berbahaya ketika emboli udara menghentikan aliran darah ke organ, khususnya hati, paru & otak.⁽¹⁷⁾

Barotrauma yang berefek pada paru adalah trauma pada paru selama naik ke permukaan air dari kedalaman. Pada saat naik ke permukaan air, tekanan atmosfer turun dan volume di paru meningkat. Ketika udara di buang dengan pernapasan normal, maka tekanan akan normal sehingga tidak terjadi kerusakan. Beberapa kondisi, udara dapat tertampung di alveoli walaupun dilakukan pernapasan normal. Bila tumpukan udara dalam alveoli tidak dapat di buang dengan pernapasan normal maka alveoli dapat pecah ketika naik ke permukaan air. Bila alveoli pecah, udara dapat keluar ke cavitas pleura. Bila

alveoli pecah maka volume air yang masuk akan bertambah. Bernapas secara teratur dapat mengurangi tekanan di cavitas pleura. Beberapa saat kemudian udara dapat menembus jaringan menyebabkan emphysema subcutaneous (terlihat gelembung udara di bawah kulit) atau emphysema mediastinal (udara tertimbun di jaringan & rongga dada). Keadaan yang lebih buruk, udara dapat menembus peredaran darah sehingga menyebabkan arteri ruptur & alveoli pecah. Bila gelembung gas menembus system peredaran darah dapat mengurangi suplai darah ke organ seperti ginjal, otak, hati, usus halus. Pecahnya alveoli dapat terjadi bila volume dan tekanan udara ke pleura besar sehingga jantung tidak dapat memompa darah ke tubuh dan paru

Diagnosis

Anamnesis yang teliti sangat membantu penegakan diagnosis. Jika dari anamnesis ada riwayat nyeri telinga atau pusing, yang terjadi setelah penerbangan atau suatu penyelaman, adanya barotruma seharusnya dicurigai. Diagnosis dapat dikonfirmasi melalui pemeriksaan telinga, dan juga tes pendengaran dan keseimbangan.

Diagnosis dipastikan dengan otoskop. Gendang telinga tampak sedikit menonjol keluar atau mengalami retraksi. Pada kondisi yang berat, bisa terdapat darah di belakang gendang telinga. Kadang-kadang membran

timpani akan mengalami perforasi. Dapat disertai gangguan pendengaran konduktif ringan.

Perlu ditekankan bahwa tinnitus yang menetap, vertigo dan tuli sensorineural adalah gejala-gejala kerusakan telinga dalam. Barotrauma telinga tengah tidak jarang menimbulkan kerusakan telinga dalam. Kerusakan telinga dalam merupakan masalah yang serius dan mungkin memerlukan pembedahan untuk mencegah kehilangan pendengaran yang menetap. Semua orang yang mengeluh kehilangan pendengaran dengan barotrauma harus menjalani uji pendengaran dengan rangkaian penala untuk memastikan bahwa gangguan pendengaran bersifat konduktif dan bukannya sensorineural.

Penatalaksanaan

Untuk mengurangi nyeri telinga atau rasa tidak enak pada telinga, pertama-tama yang perlu dilakukan adalah berusaha untuk membuka tuba eustakius dan mengurangi tekanan dengan mengunyah permen karet, atau menguap, atau menghirup udara, kemudian menghembuskan secara perlahan-lahan sambil menutup lubang hidung dengan tangan dan menutup mulut.

Selama pasien tidak menderita infeksi traktus respiratorius atas, membrane nasalis dapat mengkerut dengan semprotan nosinefrin dan dapat diusahakan

menginflasi tuba eustakius dengan perasat Politzer, khususnya dilakukan pada anak-anak berusia 3-4 tahun. Kemudian diberikan dekongestan, antihistamin atau kombinasi keduanya selama 1-2 minggu atau sampai gejala hilang, antibiotic tidak diindikasikan kecuali bila terjadi perforasi di dalam air yang kotor. Perasat Politzer terdiri dari tindakan menelan air dengan bibir tertutup sementara ditiupkan udara ke dalam salah satu nares dengan kantong Politzer atau apparatus senturi; nares yang lain ditutup. Kemudian anak dikejutkan dengan meletuskan balon di telinganya, bila tuba eustakius berhasil diinflasi, sejumlah cairan akan terevakuasi dari telinga tengah dan sering terdapat gelembung-gelembung udara pada cairan.

Untuk barotrauma telinga dalam, penanganannya dengan perawatan di rumah sakit dan istirahat dengan elevasi kepala 30-40°. Kerusakan telinga dalam merupakan masalah yang serius yang memungkinkan adanya pembedahan untuk mencegah kehilangan pendengaran yang menetap. Suatu insisi dibuat di dalam gendang telinga untuk menyamakan tekanan dan untuk mengeluarkan cairan (*myringotomy*) dan bila perlu memasang pipa ventilasi. Walaupun demikian pembedahan biasanya jarang dilakukan. Kadang-kadang, suatu pipa ditempatkan di dalam gendang telinga, jika

seringkali perubahan tekanan tidak dapat dihindari, atau jika seseorang rentan terhadap barotrauma

Preventif

Usaha preventif terhadap barotrauma dapat dilakukan dengan selalu mengunyah permen karet atau melakukan perasat valsalva, terutama sewaktu pesawat terbang mulai turun untuk mendarat. Khusus pada bayi disarankan agar menunda penerbangan bila disertai pilek. Bila memungkinkan maka bayi, sesaat sebelum mendarat harus tetap disusui atau menghisap air botol, agar tuba eustakius tetap terbuka.

Nasal dekongestan atau antihistamin bisa digunakan sebelum terpapar perubahan tekanan yang besar. Usahakan untuk menghindari perubahan tekanan yang besar selama mengalami infeksi saluran pernapasan bagian atas atau serangan alergi.

Berikut adalah beberapa tips untuk mengurangi risiko terjadinya barotrauma:

- Jangan melakukan penerbangan jika menderita batuk pilek atau gangguan pada saluran pernafasan atas
- Hindari mengkonsumsi makanan yang menghasilkan gas

- Hindar makan terlalu cepat atau makan terlalu banyak karena kemungkinan menelan udara lebih banyak
- Jangan melakukan penerbangan dalam 24 jam setelah pengobatan atau penambalan gigi
- Hindari minum dalam jumlah banyak minuman bersoda atau bergas.

Decompression Sickness atau Penyakit Dekompresi yang lebih dikenal dengan DCS adalah akibat dari dilanggarnya batas maksimum lama menyelam di kedalaman. Penyelam yang terpujau keindahan alam bawah laut kadang lupa dengan adanya batasan waktu maksimal berada di kedalaman, atau dalam situasi tertentu lupa mengkompesasi nitrogen dalam darah yang harusnya dikeluarkan karena peselam lupa melakukan pemberhentian aman atau safety stop yang seharusnya.

Dalam Hukum gas yang ditemukan William Henry pada 1803 *“At a constant temperature, the amount of a given gas that dissolves in a given type and volume of liquid is directly proportional to the partial pressure of that gas in equilibrium with that liquid”*. Dapat dijelaskan, penyelam di kedalaman tubuhnya mendapatkan tekanan, dimana dalam tekanan gas menjadi lebih mudah larut kedalam cairan. Itulah yang terjadi, nitrogen terserap dalam cairan di dalam jaringan tubuh. Bisa dibayangkan bila penyelam melakukan pelanggaran batas maksimal kedalaman dan nitrogen

terlalu banyak larut dalam cairan jaringan tubuh, kemudian peselam itu naik ke permukaan dengan cepat/quick ascending atau tidak melakukan safety stop yang cukup, jadilah nitrogen tersebut tertinggal dalam cairan jaringan tubuh. Nitrogen yang tertinggal akan membentuk gelembung, dan gelembung ini akan mengumpul dalam sendi, di bawah kulit, bahkan bisa juga di tulang belakang. Gejala DCS ini biasanya susah bernafas, nyeri dada, nyeri sendi, mati rasa, kelumpuhan pada bagian tubuh, dan dapat juga pingsan.

Memang juga ada faktor luar yang berbeda di tiap penyelam yang dapat mempengaruhi dalam terkena DCS atau tidak, misalnya faktor usia, kondisi fisik, dehidrasi, kelelahan, sakit, stress, konsumsi alkohol atau narkoba sebelum penyelaman, oleh karena itu kebugaran saat sebelum penyelaman harus diperhatikan.

Menghindari terjadinya DCS adalah dengan mengikuti manual penyelaman secara konservatif. Tidak melanggar batasan maksimal no-decompression dive yang telah ditentukan di tabel penyelaman atau juga di dive-computer. Naik ke permukaan dengan kecepatan tidak lebih dari 9 meter per menit. Kemudian peselam scuba harus melakukan pemberhentian-aman atau safety stop di kedalaman 5 meter selama paling tidak 5 menit atau sesuai kompensasi tabel penyelaman atau dive-komputer yang diharuskan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1980. Persyaratan dan Peraturan Dasar Selam Olah Raga Indonesia. Standart Pengetahuan
- Brylske, A, 2010. Understanding Ascents and Descents, Part II Relax and Breathe Normally. Dive Training Home Page. <http://www.dtmag.com>. Diakses 7 Mei 2010
- Brylske, A. Et. Al. 1990. The Eucylopeding of Recseational Diving, Published by Padi, Santa Ana, CS. USA
- Brylske, A., A. Hornsby, D. Richardson, and C.K. Steward, 1990. The Encyclopedia of Recreational Diving. Physics, Physiology, Equipment, Aquatic Realim, and Special Activities. International PADI, Inc. Santa Ana, CA, USA
- Campbell, E.S., 1997. Decompression Illness in Sports Divers: Part II. Online. Medscape Orthopaedics & Sports Medicine eJournal 1(5), 1997. © 1997 Medscape Portals, Inc
- Hananta, 1985. Pengetahuan Akademis Penyelaman (P.A.P) Jenjang Skin Diver (A-1). Corona Diving Club
- <http://www.scubadivingsurabaya.com/buddy-system-membuat-fun-diving-menjadi.html>
- <http://www.terangi.or.id/index.php>

<http://kampus-kedokteran.blogspot.com>

Jaya, S. 1986. Pengetahuan Akademis Penyelaman Untuk Skin Dive. Diktat Pelatihan Selam Moana Diving Club

-----, 1989. Pengetahuan Akademis Penyelaman Untuk Scuba Dive. Diktat Pelatihan Selam Moana Diving Club

Jeppesen, 1987. Advanced Sport Diver Manual. Jeppesen Sandersen. Inc. Englewood. Colorado U.S.A.

-----, 1989. Open Water Sport Diver Manual. Jeppesen Sandersen. Inc. Englewood. Colorado U.S.A

Laymon, L, Barry and R. Guimbellot, 2010. Handling an Out-of-Air Situation Safely: The Emergency Swimming Ascent. Dive Training Home Page. <http://www.dtmag.com>. Diakses 7 Mei 2010

Laymon, L. and B. Guimbellot, 2010. Assembling Scuba Gear: Having A System Helps. Dive Training Home Page. <http://www.dtmag.com>. Diakses 3 Mei 2010

-----, 2010. Deep-Water Exit: Belly-Flopping Into the Boat. Dive Training Home Page. <http://www.dtmag.com>. Diakses 3 Mei 2010

-----, 2010. Off and On, With Ease: BC Removal and Replacement at the Surface. Dive Training Home Page. <http://www.dtmag.com>. Diakses 3 Mei 2010

- Lee, L and B. Guimbellot, 2010. Donning Fins: The Magic Number 4. Dive Training Home Page. <http://www.dtmag.com>. Diakses 3 Mei 2010
- Madl, P and M. Yip, 2003. Scientific Scuba Diver Manual (AS/NZS 2299.2:2002). The University of Queensland. Salzburg (AUT) / Brisbane (AUS)
- Mark Merlin, M., A. Ondeyka, and A.M. Baptista, 2009. Decompression Illness in Scuba Divers: What You Need to Know. *Emergency Medicine* | June 2009
- McLaren, N., 2013. All About Decompression Sickness Causes, Types, and Symptoms. <http://scuba.about.com/od/divemedicinesafety/a/dcs.htm>
- NAUI, 1978. The National Association of Underwater Instructors, Qld. Australia
- Nurachmad Hadi, N., 1991. Tinjauan Tentang Penyelaman Oseana, Volume XVI, Nomor 4:1-12
- Paradise Padjadjaran Diving Society, 2013. <http://paradiseunpad.blogspot.com/p/peralatan-selam.html>
- Paul, S. 1990. Advanced Sport Diving. The British Sub Aqua Club. London.
- Pitoyo, Y., J. Bashiruddin, A.F. Hafil, H. Haksono, dan S. Bardosono, 2009. Hubungan nilai tekanan telinga tengah dengan derajat barotraumas pada calon penerbang

- POSSI, 1980. Persyaratan dan Peraturan Dasar Selam Olah Raga (PPDSI). Buku I. Ketentuan Umum. Persatuan Olah Raga Selam Seluruh Indonesia. Jakarta
- POSSI. Pengetahuan Akademis Penyelaman. Recreational Diving. Physics, Physiology, Equipment, Aquatic Realm, and Special Activities. International PADI, Inc. Santa Ana, CA, USA
- Rossier, R and J.C. Dovala, 2010. In between Worlds: The Diver on the Surface. Dive Training Home Page. <http://www.dtmag.com>. Diakses 7 Mei 2010
- , 2010. In between Worlds: The Diver on the Surface. Dive Training Home Page. <http://www.dtmag.com>. Diakses 3 Mei 2010
- Sandersen, J. 1989. Open Water Sport Diver Manual 55 Inverness Drive east Englewood. Colorado. USA.
- , 1997. Advanced Sport Diver Manual 55 Inverness Drive east Englewood. Colorado. USA
- SCUBA TUTOR™. <http://www.scuba-tutor.com/index>. . Free on-line
- Sukintoko, 1983. Renang dan Metodik. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Sukintono dan Sukarno, 1983. Renang dan Metodik. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- TBSAC. 1990. Diving manual. The British Sub Aqua Club.

- Things You Need To Know About Scuba Masks,
<http://scuba.about.com/od/masks/p/6ThingsAboutMasks.html>
- UHMS. 2011. Best Practice Guidelines Prevention and Treatment of Decompression Sickness and Arterial Gas Embolism
- Walden, L.L., Barry and Ruth Guimbellot, 2010. Scissors, Flutters and Frogs: Kicking Techniques for Every Occasion. Dive Training Home Page. <http://www.dtmag.com>. Diakses 7 Mei 2010
- Yusri, S. Pengenalan Alat Dasar Selam | Yayasan Terumbu Karang Indonesia (TERANGI) <http://www.terangi.or.id/index.php>

GLOSARRY

Renang : adalah cara manusia ataupun hewan menggerakkan diri di dalam air tanpa bantuan peralatan (Sumber : Wikipedia melayu).

Penyelaman scuba : merupakan suatu kegiatan yang dilakukan di bawah permukaan air, dengan menggunakan peralatan Scuba (self contained underwater breathing apparatus) untuk mencapai suatu tujuan tertentu.

Penyelaman dangkal : yaitu penyelaman dengan kedalaman antara 5 -10 meter

Penyelaman sedang : yaitu penyelaman dengan kedalaman antara 10 -30 meter

Penyelaman dalam : yaitu melakukan penyelaman lebih dari 30 meter.

The Bends : Adalah penyakit ang timbul akibat decompresi

Face Mask : alat untuk menciptakan kantong udara antara mata dengan air yang memungkinkan dapat melihat benda di bawah air.

Snorkel : alat bantu pada seorang skin maupun diver untuk mendapatkan udara tanpa menggunakan tabung.

Fins : alat bantu untuk memberikan kekuatan pada kaki dan merupakan piranti penggerak.

Buoyancy Vest : adalah perlengkapan terpenting yang digunakan seorang diver.

Diver Below Flag : adalah bendera yang digunakan saat kita melakukan penyelaman yang merupakan tanda bagi orang lain.

Wet Suit : adalah Pakaian pelindung bagi seorang diver.

Weigth Belt : adalah pengatur buoyancy (daya apung) masing-masing diver yang berbeda dari orang ke orang.

Scuba : adalah suatu alat pernafasan bawah air yang dibawa sendiri oleh penyelam.

Regulator : adalah alat untuk mengurangi tekanan dari tabung selinder ke pipa pernafasan, pada saat pengaliran udara tersebut tekanan udara biasanya dikurangi hingga 90 – 105 psi diatas tekanan air sekitarnya.

Hukum Archimedes (daya apung) : adalah jika suatu benda dicelupkan sebagian atau seluruhnya kedalam zat cair, maka ia akan mendapat gaya tekanan ke atas sebesar zat cair yang dipindahkannya.

Hukum Boyle : adalah menegaskan hubungan antara tekanan dan volume dari suatu kumpulan gas pada temperature yang sama. Kumpulan gas akan berbanding terbalik dengan tekanan absolute.

Hukum Dalton : Tekanan parsial tiap gas sebanding dengan prosentase gas tersebut yang terdapat dalam campurannya. Hal ini berarti bahwa jika kita mengambil udara bertekanan 1 ATM (14,7 PSI) maka oksigen akan bertekanan parsial sebesar 3 PSI. Jika kita menyelam, maka penambahan tekanan parsial berbanding lurus dengan tekanan udara.

Hukum Charles : adalah menjelaskan hubungan antara tekanan dan volume suatu gas dengan temperatur (T). Makin tinggi T udara di tabung scuba makin besar pula tekanannya, dan sebaliknya.

Hukum Henry adalah hukum gas keempat yang menjelaskan bahwa suatu larutan dibawah tekanan akan menyerap gas yang sebanding dengan tekanan itu. Bila tekanan pada suatu cairan dinaikkan menjadi dua kali lebih besar, maka jumlah gas diserap juga dua kali lebih besar.

Hypoksia : adalah jika seorang penyelam skin yang berusaha menahan napas untuk dapat berada di dalam air lebih lama, apabila dipaksakan mengakibatkan penyelam akan mengalami kekurangan oksigen (anoksia) sehingga jaringan tubuh tidak mendapat O₂.

Shallow Water Blackout : adalah Pingsan di air dangkal. Hal ini dikarenakan penyelam melakukan hiperventilasi berlebih sehingga kadar

karbondioksida menurun tajam dan selama penyelaman tubuh mengalami hipoksia sedangkan respon/keinginan tubuh untuk bernapas belum ada.

Hiperventilasi : adalah upaya penyelam untuk memperpanjang tahan napas pada skin diving dengan bernapas dalam dan berlebihan.

Alveoli : adalah kantong udara sangatlah rapuh dan hanya dapat bertahan terhadap perubahan tekanan sebesar 2 hingga 3 psi atau kira-kira sama dengan berada dikedalaman 4 hingga 6 feet.

Squeeze : adalah pengerutan jaringan tubuh akibat dari tidak dapatnya jaringan tubuh menyamakan tekanan atau equalisasi.

Barotaruma : adalah trauma yang terjadi karena perbedaan tekanan yang bermakna diantaranya telinga tengah dan telinga dalam.

Decongestanis : adalah obat anti penyumbat jika seorang diver sering mengalami kesulitan untuk membersihkan sinus maupun telinganya dari penimbunan lendir.

Vertigo : adalah penyelam merasa pusing-pusing seakan-akan sekelilingnya berputar-putar.

Manifestasi : adalah pengembangan paru yang melewati batas yang paling sering yaitu mediastinal emphysema.

Emboli Udara : adalah pecahnya dinding alveoli yang menyebabkan udara masuk dalam peredaran darah, akibatnya terjadi penyumbatan peredaran darah oleh gelembung-gelembung udara langsung dari paru-paru.

Narcose : adalah pembiusan oleh nitrogen

Dive Planning : adalah perencanaan penyelaman

Undertow : adalah aliran air kembali ke laut akibat gelombang yang memecah di pantai.

Rip current : adalah ' arus celah '.

Emergency Swimming Ascent : adalah muncul darurat/E. S. A, dikenal dengan sebutan *Free Ascent*.

Emergency Bouyant Ascent : adalah muncul darurat dengan daya apung/E. B. A

Hyperpnea : adalah bernafas secara cepat akan menyebabkan kebingungan dan akhirnya kehilangan kesadaran.

Mouth to Mouth Resuscitation : adalah pernafasan mulut ke mulut.

LKK : adalah latihan keterampilan kolam

LPT : adalah latihan keterampilan perairan terbuka

TENTANG PENULIS



Dr. Ir. Abd. Rasyid J., M.Si.

Lahir di Makassar, 3 Maret 1965. Menyelesaikan pendidikan sarjana (S1) pada Fakultas Peternakan Jurusan Perikanan, Universitas Hasanuddin tahun 1990; menyelesaikan pendidikan magister (S2) pada Jurusan Ilmu dan Teknologi kelautan, IPB tahun 1996; dan menyelesaikan program doktor (S3) pada Sistem-Sistem Pertanian Jurusan Perikanan Universitas Hasanuddin tahun 2011.

Sebagai dosen tetap pada Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Pernah menjabat Sekretaris Pusat Pengembangan dan Pengelolaan Kuliah Kerja Nyata (P2KKN) Universitas Hasanuddin tahun 1999-2002); Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan (2002 – 2010); Maret

Tahun 2011 diangkat menjadi Staf Khusus Rektor Bidang Kemahasiswaan dan Alumni; Kepala Job Placement Center (JPC-Unhas) pada 2014 –Januari 2015; Wakil Rektor Bidang Kemahasiswaan dan Alumni Unhas pada Januari 2015-Juli 2018 ;Sekretaris LP2M Unhas pada 19 Juli 2018. Aktif membuat tulisan ilmiah diberbagai jurna nasional maupun Internasional. Pada tahun 2018, penulis mendapatkan Surat Pencatatan Ciptaan dari Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia atas ciptaan Buku yang berjudul “Spermonde: Kondisi Oseanografi Versus Ikan Pelagis kecil. Kemampuan menyelam penulis didapatkan setelah mengikuti dua kali pelatihan yang dilaksanakan oleh Marine Science and Education Project (MSEP), yaitu : Pelatihan inventarisasi biota laut dan scuba diving I di Pulau Seribu selama tiga bulan tahun 1992 dan Inventarisasi biota laut dan scuba diving II di Pulau Bali selama tiga bulan tahun 1993. Saat ini memegang sertifikat penyelaman A4. Setelah itu penulis bersama rekan-rekan penulis lainnya aktif melakukan pelatihan scuba diving bagi dosen dan mahasiswa dan mengampu matakuliah dasar-dasar selam, widya selam di Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Unhas, serta sebagai pembina beberapa club selam yang ada di Universitas Hasanuddin.



Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si.

Dilahirkan di Masamba, 09 Desember 1965. Pendidikan dasar dan menengah ditempuh di Kabupaten Luwu Utara pada tahun 1973-1985, Sulawesi Selatan. Gelar Sarjana Perikanan/Insinyur diperoleh di Universitas Hasanuddin pada tahun 1990, sedangkan gelar Magister dan Doktor Ilmu Kelautan diperoleh di Institut Pertanian Bogor masing-masing pada tahun 2001 dan 2005. Jabatan fungsional tertinggi, sebagai Profesor bidang Biologi Laut diraih pada 1 April 2014. Sejak tahun 1994 sampai sekarang menjadi dosen tetap di Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Matakuliah yang diampu pada program studi S1 antara lain Biologi iLaut, Korologi, Avertebrata Laut, Vertebrata Laut, Biologi Perikanan, sedangkan pada program studi S2 dan S3 antara lain KonservasiLaut, Pengelolaan Kawasan Konservasi Sumberdaya Perikanan, Bioteknologi Bahan Hayati Laut, Hukum dan Kebijakan Pengelolaan

Sumberdaya Pesisir dan Laut, dan Jasa Lingkungan Pesisir dan Laut. Kemampuan menyelam penulis didapatkan setelah mengikuti dua kali pelatihan yang dilaksanakan oleh Marine Science and Education Project (MSEP), yaitu : Pelatihan inventarisasi biota laut dan scuba diving I di Pulau Seribu selama tiga bulan tahun 1992 dan Inventarisasi biota laut dan scuba diving II di Pulau Bali selama tiga bulan tahun 1993. Aktif menerbitkan tulisan ilmiah diberbagai jurnal nasional maupun Internasional. Sejak tahun 2013 sampai sekarang telah menerbitkan beberapa buku referensi diantaranya “Biologi dan Ekologi Udang Karang (Spiny Lobster)”, “Pedoman Survey Laut”, dan “Profil Pulau-Pulau Kecil Sulawesi Barat”.



Prof. Andi Iqbal Burhanuddin, Ph.D

Lahir tanggal 15 Desember 1969 di Sengkang, Wajo, Sulawesi Selatan. Meraih gelar sarjana pada jurusan Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin (UNHAS), Makassar pada tahun 1993. Diangkat menjadi tenaga pengajar di Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan- FIKP, Unhas sejak tahun 1994. Tahun 1996 mendapat kesempatan tugas belajar ke Miyazaki University, Japan dan memperoleh gelar Master of Fisheries Science (M.Fish,Sc)pada tahun 1999. Pada tahun 1999 melanjutkan program Doktor di The United Graduate School Kagoshima University, Japan dan memperoleh gelar Ph.D tahun 2003 pada bidang Fish Taxonomy. Mengikuti studi dan pelatihan bidang taksonomi ikan di museum Nationald`Historie Naturelle, PARIS, 2000, di Museum Rijksmuseum van Natuurlijke Historie, Leiden, NEDERLAND, 2000 dan pada Institute of Oceanology, Chinese Academy of Science, CHINA, 2001. Mengikuti

Program kunjungan alumni Jepang melalui program JASSO (Japan Student Services Organization) tahun 2011 di Miyazaki University. Mengikuti Program Academic Recharging di Miyazaki University, 2011-2012. Mengikuti Program penelitian dan penulisan buku kerjasama di Miyazaki University, dan di Museum Kagoshima University Desember 2013 - Januari 2014. Mengikuti Program SAME (*Scheme of Academic Mobility and Exchange*) 2017 Kementerian Riset dan Teknologi DIKTI di Miyazaki University, Jepang September 2017 – Desember 2017.

Diangkat menjadi Ketua Jurusan Ilmu Kelautan Unhas pada tahun 2005 hingga 2010 dan Wakil Dekan bidang kemahasiswaan FIKP-Unhas tahun 2010 hingga 2014. Kepala Laboratorium Biologi Laut FIKP-UNHAS tahun 2014 hingga sekarang. Pada tanggal 1 Januari 2008 dikukuhkan sebagai Guru Besar pada bidang Taksonomi ikan di jurusan Ilmu kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar. Saat ini berpangkat lektor kepala (IVc).

Penulis aktif menulis karya ilmiah di jurnal internasional maupun nasional mengenai taxonomi ikan dan aktif menuliskan isu kelautan dan isu lingkungan di media massa. Publikasi bukunya antara lain: Ikhtologi, ikan dan Segala aspek kehidupannya (2008); *The Sleeping Giant*, potensi dan permasalahan kelautan (2011); *Membangun Sumberdaya Kelautan Indonesia*, Gagasan

dan Pemikiran Guru Besar Universitas Hasanuddin (2013);
Pengantar Ilmu Kelautan dan Perikanan (2013);
Mewujudkan Poros Maritim Dunia (2014); Vertebrata Laut
(2015); Snapper and Emperor of Spermonde Archipelago,
Indonesia (2018); Nihon, tanguh dalam keterbatasan (2018)