

Abdul Haris | Chair Rani

KARANG LUNAK

ANTHOZOA: OCTOCORALLIA



KARANG LUNAK

ANTHOZOA: OCTOCORALLIA

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).

KARANG LUNAK

ANTHOZOA: OCTOCORALLIA

Abdul Haris

Chair Rani



**KARANG LUNAK
ANTHOZOA: OCTOCORALLIA**

**Abdul Haris
Chair Rani**

Desain cover
Nama

Sumber
link

Tata letak :
Amira Dzatin Nabila

Proofreader :
Amira Dzatin Nabila

Ukuran :
xxviii, 394 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

Karang lunak dari Subkelas Octocorallia adalah salah satu komponen penyusun terumbu karang di banyak tempat di dunia, baik pada perairan dangkal maupun perairan dalam di daerah tropis, subtropis, bahkan di sekitar kutub. Salah satu peran ekologi karang lunak Octocorallia adalah sebagai sumber makanan beberapa jenis biota laut, seperti beberapa ikan (misalnya: Famili Chaetodontidae), moluska (misalnya: gastropoda *Ovula ovum*); peran ekologi yang kedua adalah sebagai mikrohabitat beberapa hewan bentik, seperti kelompok hewan bintang mengular (Kelas Ophiridea), teripang kecil (Kelas Holothuridea), cacing Annelida dan Platyhelminthes, kuda laut, dan beberapa hewan bentik lainnya; Peran ekologi yang ketiga adalah sebagai tempat berlindung beberapa kelompok hewan tertentu, karena beberapa karang lunak Octocorallia memiliki struktur morfologi yang kompleks, dan memiliki celah-celah yang dapat dimasuki oleh hewan bentik maupun nekton untuk berlindung; Peran ekologi yang keempat adalah penyumbang sedimen kalsium karbonat pada berbagai ekosistem laut, karena keberadaan spikula dan/atau skleritnya yang merupakan *endoskeleton*-nya; Peran ekologi yang terakhir adalah sebagai komponen yang berperan dalam siklus karbon di laut, karena keberadaan *endoskeleton*-nya yang mengandung kalsium karbonat (CaCO_3), yang ketika CO_2 tinggi di perairan maka kalsium karbonat tersebut akan hancur dan menjadi

sumber karbon di laut, sedangkan nilai ekonomi karang lunak sampai saat ini hanya ditujukan kepada pencarian *novel substances* yang terkandung di dalam tubuh karang lunak *Octocorallia* atau yang mungkin terdapat pada mikrosimbiotanya. Karang lunak *Octocorallia* banyak mengandung berbagai golongan senyawa, seperti Alkaloid, Flavonoid, Phenol Hidroquinon, Steroid, Triterpenoid, Tanin dan Saponin, dan banyak lagi turunan senyawa dari golongan senyawa ini yang dikandungnya. Sebagian besar senyawa yang dihasilkan oleh karang lunak *Octocorallia* dilaporkan memiliki bioaktivitas, dan sebagian besar pula menunjukkan sifat-sifat sebagai antibakteri patogen, antijamur patogen, antivirus, dan antiinflamasi, serta memiliki sifat sitotoksitas terhadap tumor dan serangkaian garis sel kanker manusia, dan bahkan sudah ada beberapa karang lunak *Octocorallia* yang berpotensi sebagai penghambat *Human Immunodeficiency Virus* (HIV), penyakit yang banyak menjangkiti manusia di dunia saat ini.

Keberadaan karang lunak *Octocorallia* di Indonesia sudah mulai dikaji dan diteliti oleh para ahli termasuk mahasiswa program Sarjana, program Magister, dan program Doktor, namun pustaka dalam bentuk buku referensi yang berbahasa Indonesia relatif masih sangat sedikit. Oleh karena itu, penulis terdorong untuk menyusun buku ini, buku yang berjudul "Karang Lunak Anthozoa: *Octocorallia*". Buku ini penulis susun dengan mengambil atau menghimpun berbagai pustaka dari buku-buku teks berbahasa asing, terutama yang berbahasa Inggris; hasil-hasil penelitian yang termuat pada jurnal-jurnal

internasional, jurnal-jurnal internasional bereputasi; buku teks berbahasa Indonesia yang ada, terutama yang diterbitkan oleh peneliti Pusat Penelitian Oseanologi-Lembaga Penelitian Indonesia (P2O-LIPI); hasil-hasil penelitian yang termuat pada jurnal nasional dan jurnal nasional terakreditasi; dan hasil-hasil penelitian yang termuat di dalam disertasi, tesis, skripsi, dan laporan-laporan hasil penelitian mahasiswa, dosen, dan peneliti, yang meneliti tentang karang lunak Octocorallia. Pada bagian awal buku ini dipaparkan tentang pendahuluan, kemudian disusul secara berturut-turut tentang sistematika, morfologi dan anatomi, distribusi dan habitat, reproduksi, dan pertumbuhan karang lunak Octocorallia. Pada bagian akhir buku ini penulis paparkan juga tentang bahan alam (*natural products*) yang berasal dari karang lunak Octocorallia, terutama yang terkait dengan senyawa bioaktif yang dihasilkannya, dan potensinya sebagai sumber obat-obatan untuk penyembuhan penyakit pada manusia.

Akhirnya di bagian akhir kata pengantar ini, penulis sampaikan bahwa buku ini masih terdapat berbagai kekurangan dan kelemahan, terutama pada substansi isi yang dikandungnya. Oleh karena itu, penulis membuka kesempatan yang seluas-luasnya kepada khalayak untuk memberikan masukan, demi kesempurnaan buku ini. Pada proses penyusunan sampai perampungan buku ini tentu penulis banyak mendapat dukungan dan bantuan dari berbagai kalangan, terutama teman-teman sejawat di Departemen Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin, para pembimbing tesis dan disertasi penulis,

Prof.Dr.Ir. Dedi Soedharma, DEA; Alm. Prof.Dr. Muhammad Eidman, M.Sc, Dr.Ir Neviaty Putri Zamani, M.Sc; Prof.Dr.Ir. John I. Pariwono, M.Sc di Institut Pertanian Bogor; Prof.Dr. Suharsono, M.Sc; Dr. Rachmaniar Rahmat, APT., dan Dra. Anna E.W. Manuputty, M.Si di Pusat Penelitian Oseanologi-Lembaga Penelitian Indonesia (P2O-LIPI). Terima kasih yang setinggi-tingginya pula disampaikan kepada pendamping hidup kami, Ibu Sitti Mardiah Asir, S.Ag dan Ibu Dr.Ir. St. Aisjah Farhum, M.Si. Melalui kesempatan ini penulis sampaikan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada mereka, yang telah banyak memberikan bantuan, masukan, inspirasi, dan ilmu pengetahuan kepada penulis. Semoga kebajikan-kebajikan yang telah diberikan kepada kami dibalas oleh Allah SWT dengan pahala yang berlimpah, Aamiin.

Penulis,

**Abdul Haris
Chair Rani**

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II SISTEMATIKA DAN TAKSONOMI.....	7
1. Sistematika Octocorallia Menurut Kükenthal (1925).....	8
2. Sistematika Octocorallia Menurut Hickson (1930).....	8
3. Sistematika Octocorallia Menurut Bayer (1956)	9
4. Sistematika Octocorallia Menurut Bayer (1981)	38
5. Sistematika Octocorallia Menurut Breedy <i>et al.</i> (2008).....	39
6. Sistematika Octocorallia Menurut Rose (2009).....	39
7. Sistematika Octocorallia Menurut Fabricius dan Alderslade (2001).....	43
8. Sistematika Octocorallia Menurut McFadden <i>et</i> <i>al.</i> (2006)	51
9. Sistematika Octocorallia Menurut Crowther (2011).....	65
10. Kunci Determinasi Ordo dan Famili Utama pada Octocorallia Menurut Wing dan Barenard (2004).....	69
11. Kunci Determinasi Genera dan Species pada Octocorallia Menurut Wing dan Barenard (2004).....	71

BAB III MORFOLOGI DAN ANATOMI	74
1. Istilah-Istilah dalam Morfologi dan Anatomi.....	74
2. Morfologi dan Anatomi Alcyonacea	76
3. Morfologi dan Anatomi Pennatulacea	90
4. Morfologi dan Anatomi Stolonifera	100
5. Morfologi dan Anatomi Coenothecalia/Helioporacea	106
6. Morfologi dan Anatomi Protoalcyonaria.....	118
7. Struktur Anatomi	123
8. Karakteristik Kerangka Karang Mulia dan Semi- Mulia (<i>Precious and Semi-Precious Corals</i>)	152
BAB IV DISTRIBUSI DAN HABITAT	164
1. Pennatulacea (Pena Laut).....	164
2. Karang Mulia (<i>Precious Corals</i>).....	170
BAB V REPRODUKSI DAN PERKEMBANGAN	208
1. Reproduksi Aseksual	208
2. Reproduksi Seksual	215
BAB VI PERTUMBUHAN	256
1. Definisi Pertumbuhan	256
2. Bentuk-Bentuk Pertumbuhan.....	257
3. Kalsifikasi	259
4. Pertumbuhan.....	261
5. Faktor-Faktor Pembatas.....	272
BAB VII NUTRISI	278
1. Nutrisi Heterotrofik.....	278
2. Nutrisi Ototrofik.....	293
BAB VIII BUDIDAYA DAN TRANSPLANTASI	302
1. Prospek Budidaya Karang Lunak.....	302
2. Persyaratan Lingkungan	304

3.	Faktor yang Mendukung Budidaya Karang Lunak.....	305
4.	Teknik Propagasi Karang Lunak	307
5.	Metode Transplantasi	314
BAB IX	BAHAN ALAM_DARI KARANG LUNAK.....	323
1.	Pengertian Bahan Alam.....	323
2.	Kandungan Senyawa dari Karang Lunak	324
3.	Senyawa Antibakteri pada Karang Lunak.....	329
4.	Senyawa Antijamur pada Karang Lunak.....	332
5.	Senyawa Antivirus pada Karang Lunak	333
6.	Senyawa Antiinflamasi pada Octocorallia	335
7.	Senyawa Antitumor dan Antikanker pada Karang Lunak	339
8.	Senyawa Antifouling pada Karang Lunak	344
9.	Peranan Senyawa Bioaktif pada Karang Lunak.....	346
	GLOSARIUM.....	356
	INDEKS	367
	DAFTAR PUSTAKA	373

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Distribusi Bentuk-Bentuk Sklerit Berdasarkan Genera <i>Octocorallia</i>	129
Tabel 2.	Sinonim untuk species of <i>Corallium</i> dan <i>Paracorallium</i>	159
Tabel 3.	Tiga puluh lima genera dan spesies Pennatulacea dan distribusi geografisnya yang diambil dari berbagai sumber.....	165
Tabel 4.	Distribusi dan Warna Komersil Penting Coralliidae	175
Tabel 5.	Daftar Alcyonacea yang terdapat di <i>continental shelf</i> dan <i>continental slope</i> Northeastern U.S. (North of Cape Hatteras).....	180
Tabel 6.	Daftar lengkap spesies Alcyonacea termasuk perbandingan biogeografi di bagian timur dan barat Atlantik	183
Tabel 7.	Octocorallia Mesophotic yang Ditemukan di Great Barrier Reef (Bridge et al., 2012)	191
Tabel 8.	Daftar spesies-spesies Octocorallia di Perairan North Mozambique (Keterangan: NR = penemuan baru).....	196
Tabel 9.	Daftar genera dari Subkelas Octocorallia di samudera daerah tropis, dan status konservasinya.....	204
Tabel 10.	Karakteristik Perkembangan Sperma (Testis) pada Karang Lunak <i>Sinularia flexibilis</i> Berdasarkan Hasil Pengamatan Histologi (Haris dan Rani, 2011).....	227

Tabel 11. Periodisasi pemijahan beberapa spesies Gorgonacea_Tropis (Ribes <i>et al.</i> , 2007).....	249
Tabel 12. Ringkasan distribusi ichthyotoksisitas (memakai bioassay <i>Gambusia affinis</i>) pada Karang Lunak.....	351

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	<i>Cornularia cornucopiae</i>	9
Gambar 2.	<i>Clavularia</i> sp.....	9
Gambar 3.	<i>Tubipora musica</i>	10
Gambar 4.	<i>Lobophytum</i> sp.	11
Gambar 5	<i>Sarcophytum</i> sp.	11
Gambar 6.	<i>Sinularia</i> sp.....	12
Gambar 7.	<i>Astrospicularia</i> sp.....	12
Gambar 8.	<i>Nephthea</i> sp.....	13
Gambar 9.	<i>Dendronephthya</i> sp.....	13
Gambar 10.	<i>Lemnalia</i> sp.....	14
Gambar 11.	<i>Litophyton</i> sp.....	14
Gambar 12.	<i>Stereonephthya</i> sp.....	15
Gambar 13.	<i>Scleronephthya</i> sp.....	15
Gambar 14.	<i>Xenia</i> sp.	16
Gambar 15.	<i>Anthelia</i> sp.	16
Gambar 16.	<i>Cespitularia</i> sp.	17
Gambar 17.	<i>Heteroxenia</i> sp.	17
Gambar 18.	<i>Sympodium</i> sp.	18
Gambar 19.	<i>Heliopora coerulea</i>	18
Gambar 20.	<i>Briareum</i> sp.....	19
Gambar 21.	<i>Anthothela</i> sp.	20
Gambar 22.	<i>Erythropodium</i> sp.....	21

Gambar 23.	<i>Acanthogorgia</i> sp.	22
Gambar 24.	<i>Anthogorgia</i> sp.	23
Gambar 25.	<i>Paramuricea</i> sp.	23
Gambar 26.	<i>Plexaura</i> sp.	24
Gambar 27.	<i>Euplexaura</i> sp.	25
Gambar 28.	<i>Rumphella</i> sp.	25
Gambar 29.	<i>Gorgonia</i> sp.	26
Gambar 30.	<i>Leptogorgia</i> sp.	26
Gambar 31.	<i>Junceella</i> sp.	27
Gambar 32.	<i>Verrucella</i> sp.	28
Gambar 33.	<i>Plumigorgia</i> sp.	28
Gambar 34.	<i>Metallogorgia</i> sp.	29
Gambar 35.	<i>Plumarella</i> sp.	30
Gambar 36.	<i>Isidella</i> sp. (Kerangka).....	31
Gambar 37.	<i>Isis hippuris</i>	32
Gambar 38.	<i>Coelogorgia</i> sp.	33
Gambar 39.	<i>Veretillum</i> sp.	34
Gambar 40.	<i>Sclerobelemnon</i> sp.	35
Gambar 41.	<i>Umbellula</i> sp.	36
Gambar 42.	<i>Pennatula</i> sp.	37
Gambar 43.	<i>Pteroeides</i> sp.	38
Gambar 44.	<i>Taiaroa tauhou</i> dengan Polip Tunggal dan Habitatnya pada Substrat yang Lunak	66
Gambar 45.	a. Koloni <i>Nanipora cf. kamurai</i> dengan Polip Berpinnules, dan b Kerangka dan Kaliks dengan Polip yang Tertarik.....	68

Gambar 46.	Morfologi dan anatomi Octocorallia. Keterangan: T = Tentakel; Mo = Mulut; Me = Mesenteri; Gv = Rongga Gastrovascular; Go = Gonad; S = Solenia; C = Koenenkim; K = Cortex; M = Medulla.....	77
Gambar 47.	Morfologi dan Anatomi Polip dan Koloni Octocorallia.....	78
Gambar 48	Penampang Vertikal Autozoid dan Siphonozoid	79
Gambar 49.	Distribusi Polip Autzoid dan Siphonozoid pada Sarcophyton dan Lobophytum	79
Gambar 50.	Gambar SEM Permukaan Koenenkim pada <i>Paracorallium japonicum</i> ; Keterangan: 1= gundukan koenenkim, 2=proyeksi siphonozoid projections.....	80
Gambar 51.	Sayatan Histologi <i>Paracorallium japonicum</i> ; Sayatan Longitudinal Pada Bagian Basal (Atas), dan Transversal Pada Ujung Cabang (Bawah). Keterangan: 1=Sumbu, 2= Koenenkim, 3= Autozoid, 4= Siphonozoid, 5= Saluran Vasucular, Dan 6= Kutil.	81
Gambar 52.	Sayatan Transversal <i>Paracorallium Japonicum</i> ; Keterangan: 1=Sumbu/Axis, 2=Koenenkim, 3=Siphonozoid, 4= Bukaan Siphonozoid, 5=Gamet (Oocyte), 6=Saluran Vasucular, 7: lacunae sklerit.	82
Gambar 53.	Sayatan Diagramatik Melewati <i>Branchlet Paracorallium Japonicum</i> , Memperlihatkan Koenekim dan Sumbu/Axis, Serta Bagian-Bagian Lainnya	83
Gambar 54.	Koloni Hidup Dari: A, <i>Cladiella Australis</i> ; B, <i>Cladiella Kashmani</i> Benayahu; C, <i>Cladiella</i>	

	<i>Krempfi</i> ; D, <i>Klyxum Adii</i> ; E, <i>Klyxum Flaccidum</i> ; F, <i>Lobophyllum Crassum</i>	84
Gambar 55.	Koloni hidup dari: A, <i>Sarcophyton flexuosum</i> B, <i>Sarcophyton glaucum</i> dengan polip dijulurkan; C, <i>Sarcophyton infundibuliforme</i> ; D, <i>Sarcophyton roseum</i> ; E, F, <i>Sarcophyton</i> <i>subviride</i> dengan polip dijulurkan.....	85
Gambar 56.	Koloni Hidup dari: A, <i>Sarcophyton flexuosum</i> B, <i>Sarcophyton glaucum</i> dengan Polip Dijulurkan; C, <i>Sarcophyton infundibuliforme</i> ; D, <i>Sarcophyton roseum</i> ; E, F, <i>Sarcophyton</i> <i>subviride</i> dengan Polip Dijulurkan.....	86
Gambar 57.	Koloni hidup dari: A, <i>Sinularia brassica</i> ; B, <i>Sinularia densa</i> ; C, <i>Sinularia erecta</i> ; D, <i>Sinularia gibberosa</i> ; E, <i>Sinularia hirta</i> ; F, <i>Sinularia molesta</i>	87
Gambar 58.	Koloni Hidup F dari: A, <i>Sinularia muralis</i> ; B, <i>Sinularia nanolobata</i> ; C, <i>Sinularia numerosa</i> ; D, <i>Sinularia peculiaris</i> ; E, <i>Sinularia shlagmani</i> N. Sp.; F, G, <i>Sinularia tessieri</i> N. Sp.; F, dengan Polip Dijulurkan; G, dengan Polip Ditarik.....	88
Gambar 59.	Koloni Hidup dari: A, <i>Annella reticulata</i> Ellis & Solander, 1786; B, <i>Subergorgia suberosa</i>	89
Gambar 60.	Diagram Polip-Polip pada <i>Carijoa riisei</i>	90
Gambar 61.	Morfologi Pennatulacea.....	92
Gambar 62.	A. <i>Anthoptilum</i> sp. B. <i>Umbellula lindahli</i> . C. <i>Ptilosarcus gurneyi</i> . D. <i>Protoptilum carpenteri</i> . E. <i>Pennatula</i> sp.	93
Gambar 63.	A. <i>Distichoptilum gracile</i> , 100 mm. B. <i>Renilla</i> <i>amethystina</i> , 38 mm, dorsal (atas), ventral (bawah). C. <i>Cavernularia glans</i> , 65 mm. D. <i>Cavernularia malabarica</i> , 32 mm. E. <i>Echinoptilum echinatum</i> , 57 mm. F. <i>Actinoptilum</i>	

	<i>molle</i> , 90 mm. G. <i>Porcupinella profunda</i> , 40 mm. H. <i>Sarcoptilus grandis</i> , 220 mm. I. <i>Pteroeides</i> sp., 58 mm. J. <i>Crassophyllum cristatum</i> , 195 mm. K. <i>Gyrophyllum sibogae</i> , 230 mm. L. <i>Gilibelemnon octodentatum</i> , 44 mm. M. <i>Kophobelemnon affine</i> , 140 mm. N. <i>Scytalium martensi</i> , 120 mm.....	94
Gambar 64.	<i>Pennatulacea</i> hidup. A. <i>Veretillum</i> cf. <i>manillense</i> , B. <i>Pteroeides</i> sp., C. <i>Virgularia</i> cf. <i>rumphii</i> , D. <i>Actinoptilum molle</i> , E. <i>Scytalium</i> cf. <i>sarsi</i> , F. <i>Sclerobelemnon</i> sp., G. <i>Cavernularia</i> cf. <i>obesa</i> , H. <i>Pennatula phosphorea</i> , I. <i>Umbellula</i> cf. <i>carpenter</i>	95
Gambar 65.	<i>Anthoptilum grandiflorum</i> . (A) <i>In situ</i> , (B) <i>peduncle</i> (C) potongan bagian tengah pada <i>rachis</i> dengan densitas polip yang rendah, (D) bagian atas <i>rachis</i> dengan densitas polip yang lebih tinggi. Tidak ditemukan sklerit pada penelitian. Skala bar pada B: 1 cm, pada C dan D: 2 cm.....	97
Gambar 66.	<i>Halipterus finmarchica</i> . (A) <i>In situ</i> , (B) <i>rachis</i> , (C) <i>close up</i> pada barisan polip pada <i>rachis</i> , dengan sklerit yang panjang (ls) pada bagian tengah, (D) <i>close up</i> tentakel pada polip, dengan sklerit yang pendek (ss), (E) <i>peduncle</i> , (F) SEM sklerit pada <i>peduncle</i> (skala bar: 40 μ m, kiri atas), sklerit pada tentakel (bottom left, skala bar: 40 μ m, kiri bawah) dan sklerit pada kolom (column) (skala bar: 100 μ m, kanan). Skala bar pada B: 2 mm, pada C: 1 mm, pada D: 500 μ m dan pada E: 2 cm.....	98
Gambar 67.	<i>Pennatula aculeata</i> . (A) <i>In situ</i> , memperlihatkan letak <i>peduncle</i> (p) pada sedimen, <i>leaves</i> (l) dan alur punggung/ <i>dorsal track</i> (dt), (B) <i>peduncle</i> , (C) <i>close up</i> pada <i>peduncle</i> dengan sklerit yang	

	kelihatan, (D) SEM dari sklerit pada tentakel (kiri) dan sklerit pada peduncle (kanan), (E) <i>leaves</i> , (F) <i>close up</i> pada sebuah <i>leaf</i> dengan sklerit yang panjang, (G) alur punggung/ <i>dorsal track</i> , (H) <i>close up</i> pada alur punggung/ <i>dorsal track</i> dengan sklerit membentuk puncak, (I) SEM dari sklerit pada <i>leaf</i> (kiri), dan sklerit alur punggung/ <i>dorsal track</i> (kanan). Skala bar pada B: 1 cm, pada C: 200 μm , pada D: 45 μm , pada E dan G: 2 mm, pada F: 500 μm , pada H: 1 mm dan pada I: 110 μm	99
Gambar 68.	Kerangka <i>Tubipora musica</i> (A. kerangka muda koloni. <i>st</i> , Stolon; <i>p</i> , platform. B. diagram potongan melintang sebuah corallite, memperlihatkan dua platforms, <i>p</i> , dan tabulae berbentuk sederhana dan cangkir, <i>t</i>	101
Gambar 69.	Warna-Warna polip <i>Tubipora musica</i>	102
Gambar 70.	<i>Inconstantia exigua</i> ,: (a) koloni diawetkan; (b) close-up yang sama. <i>Cornularia pabloi</i> , sp. nov.: (c) koloni in situ. <i>Cornularia pabloi</i> : (d) koloni diawetkan; (e) close-up of polip pada derajat retraksi yang bervariasi; (f) polip tertarik ke dalam sampul yang berkulit	104
Gambar 71.	<i>Inconstantia pannucea</i> : (a) koloni in situ; (b) koloni terlindungi; (c) polip-polip, kelihatan kulitnya berkerut. <i>Inconstantia procera</i> : (d) koloni in situ; (e) fragmen koloni yang diawetkan; (f) fragmen koloni yang diawetkan.	105
Gambar 72.	A, Bagian permukaan koloni <i>Heliopora coerulea</i> yang diperbesar, memperlihatkan dua kaliks dan dikelilingi tabung-tabung koenokim. B, zooid tunggal dengan jaringan lunak yang saling berdekatan rangka dikeluarkan oleh proses dekalsifikasi. Z^1 , bagian distal, dan Z^2 , bagian	

	proximal atau bagian intracalicular pada zooid; <i>ec</i> , ectoderm; <i>ct</i> , tabung koenenkim; <i>sp</i> , permukaan jaringan solenia.....	108
Gambar 73.	Koloni hidup <i>Nanipora kamurai</i> yang menempel dasar (=menghadap ke sisi bagian bawah) batuan kalsium karbonat di Ama Beach, Zamami Island, Okinawa, Jepang, Skala bar: sekitar 5 mm.	110
Gambar 74.	Koloni in-situ <i>Nanipora kamurai</i> dengan polip yang dijulurkan di Ama Beach, Zamami Island, Okinawa, Jepang, A= pertumbuhan di bagian pinggir koloni, B= bagian tengah koloni. Skala bar: sekitar 5 mm.....	111
Gambar 75.	Gambar <i>Scanning electro-microscope</i> (SEM) kerangka koloni <i>Nanipora kamurai</i> . Skala bar: 0.5 mm.....	113
Gambar 76.	Kaliks, pola <i>reticulate</i> dan keriput <i>Nanipora kamurai</i> diperlihatkan. Scale bar: 0.2 mm.	113
Gambar 77.	Permukaan kaliks. Pola <i>reticulate</i> pattern dibentuk oleh sejumlah lubang-lubang kecil. Skala bar: 0.04 mm.....	114
Gambar 78.	Lekukan kelihatan pada bagian atas kaliks <i>Nanipora kamurai</i> . Skala bar: 0.1 mm.....	114
Gambar 79.	Kaliks <i>Nanipora kamurai</i> kelihatan dari atas. Rongga membentang dalam arah membujur ke bawah melalui kaliks. Skala skala: 0,2 mm.....	115
Gambar 80.	<i>Epiphaxum micropora</i> . Isolasi kaliks; calyx; skala = 1 mm. Detail permukaan yang sama; skala = 0.2 mm (Bayer, 1992).....	116
Gambar 81.	<i>Epiphaxum breve</i> . Bagian lebar stolon dengan sejumlah kaliks (atas). Dua kaliks yang terlihat miring (bawah).....	117

Gambar 82.	Epiphaxum septifer. Bagian lebar dari stolon dengan enam kaliks. Pandangan dari depan (atas). Pandangan dari samping (bawah). Skala bars = 1 mm	118
Gambar 83.	A-D, spesimen <i>Taiaroa tauhou</i> yang diawetkan dalam berbagai tahap retraksi.....	121
Gambar 84.	Struktur <i>Taiaroa tauhou</i> . A, tentakel dijulurkan, diambil dari foto hewan hidup. - B, Spesimen yang diawetkan dengan anthocodia yang tertekan, kutikula dilepaskan; anthostele lebih pendek dari biasanya. - C, Sepenuhnya dikembangkan, spesimen <i>exsert.</i> ~ D, Daerah utama polip polos tertanam dalam resin epoksi sebelum disayat	122
Gambar 85.	Bentuk-bentuk spikula pada anggota Alcyonacea	128
Gambar 86.	Karakter Sklerit pada <i>Pieterfaurea Sinuosa</i>	130
Gambar 87.	Karakter Sklerit <i>Pieterfaurea Lampas</i>	131
Gambar 88.	Karakter Sklerit <i>Pieterfaurea Equicalceola</i>	132
Gambar 89.	Karakter Sklerit <i>Alcyonium Jorgei</i>	133
Gambar 90.	Karakter sklerit <i>Thouarella</i> sp.....	134
Gambar 91.	Karakter sklerit <i>Tubipora musica</i>	135
Gambar 92.	Karakter Sklerit <i>Coelogorgia</i> sp.....	135
Gambar 93.	Karakter Spikula <i>Sinularia Brassica</i>	136
Gambar 94.	Karakter Sklerit <i>Sinularia Flexibilis</i>	136
Gambar 95.	Karakter Sklerit <i>Sinularia Parulekari</i>	137
Gambar 96.	Karakter Sklerit <i>Sinularia Jasminae</i>	137
Gambar 97.	Karakter Sklerit <i>Sinularia Kavarattiensis</i>	138
Gambar 98.	Karakter Sklerit <i>Sinularia Elegans</i>	138
Gambar 99.	Karakter Sklerit <i>Sinularia</i> spp.....	139

Gambar 100. Karakter Sklerit <i>Sarcophyton Subviride</i> (1)	140
Gambar 101. Karakter sklerit <i>Sarcophyton subviride</i> (2)	141
Gambar 102. Karakter sklerit <i>Sarcophyton shlagmani</i> (1).....	142
Gambar 103. Karakter Sklerit <i>sarcophyton shlagmani</i> (2.....	143
Gambar 104. Karakter sklerit <i>Sarcophyton tessieri</i> (1)	144
Gambar 105. Karakter Sklerit <i>Sarcophyton Tessieri</i> (2).....	145
Gambar 106. Karakter sklerit <i>Sarcophyton tessieri</i> (3)	146
Gambar 107. Karakter Sklerit <i>Paragorgia Dendroides</i>	147
Gambar 108. Karakter sklerit <i>Paragorgia arborea</i>	148
Gambar 109. Karakter Sklerit <i>Corallium</i> spp.	149
Gambar 110. Karakter Sklerit <i>Anthothela nuttingi</i>	150
Gambar 111. Karakter Sklerit <i>Keroeides Fallax</i>	151
Gambar 112. Keseluruhan koloni kering <i>Primnoa pacifica</i> yang masih ditutupi dengan jaringan kering.	153
Gambar 113. Close-up dilihat dari kerangka kering <i>Primnoa</i> menunjukkan karakteristik membuljur permukaan ridges: (a) <i>P. pacifica</i> , (b) <i>Primnoa</i> sp, dan (c) <i>P. resedaeformis</i>	154
Gambar 114. (A–C) Potongan basal kerangka dari specimen <i>bamboo coral</i> yang sangat besar; (C) potongan melintang (B).	155
Gambar 115. Tampilan <i>Close-up</i> sepotong <i>bamboo coral</i> kering: (A) <i>Lepidisis olapa</i> ; (B) <i>Keratoisis</i> <i>paucispinosa</i> ; dan (C) <i>Isis hippuris</i>	156
Gambar 116. A) Sepotong yang bersih, dari kerangka karang bersendi yang kering; dan (B) pandangan yang menunjukkan karakteristik morfologi yang terdiri dari internode berkapur dan node bergorgonin.....	157

Gambar 117. (A-B) Potongan koloni <i>Corallium laauense</i> yang masih tertutup dengan jaringan kering, (C) pandangan close-up yang dipotong di ujung spesimen (B) menunjukkan warna pink cerah pada kerangka.	160
Gambar 118. (A-B) karang merah yang kering (<i>Corallium rubrum</i>). Koloni yang masih tertutup dengan jaringan kering	161
Gambar 119. Kerangka karang spons yang seluruhnya kering.	162
Gambar 120. Sepotong koloni karang spons kering yang sebagian telah dibersihkan dari jaringan untuk mengungkap morfologi kerangka yang mendasarinya.	163
Gambar 121. Sebuah tampilan close-up dari sepotong karang spons.....	163
Gambar 122. Distribusi biogeografi genera dari Pennatulacea. Warna merupakan daerah endemik khusus untuk genera tertentu: <i>Ptilosarcus</i> (oranye), <i>Gilibelemnon</i> (violet), <i>Porcupinella</i> (cokelat), <i>Sarcoptilus</i> (biru), <i>Crassophyllum</i> (hijau), dan <i>Amphibelemnon</i> , <i>Actinoptilum</i> (merah), dan <i>Scytaliopsis</i> , <i>Amphiacme</i> (kuning).....	166
Gambar 123. Batimetri distribusi genera dari Pennatulacea. Keterangan: Kategori Kedalaman: dangkal, 400 m (hijau), kisaran menengah, 400-1300 m (merah), kedalaman > 2.000 m (biru)	167
Gambar 124. <i>Pteroeides spinosum</i> (atas) dan <i>Pennatula aculeata</i> (bawah) yang diambil pada kedalaman sekitar 20 m dan tingginya sekitar 20 cm.....	169
Gambar 125. Distribusi geografis Octocorallia-Alcyonacea di British Columbia.....	176

Gambar 126. Distribusi geografis karang lunak (Alcyonacea), kipas laut (Gorgonacea), dan karang batu (Stony coral).....	177
Gambar 127. Distribusi empat Genera Alcyonacea sepanjang pantai timur Amerika Serikat.....	181
Gambar 128. Distribusi tujuh Genera Alcyonacea sepanjang pantai timur Amerika Serikat.....	182
Gambar 129. Distribusi spasial Octocorallia di Great Barrier Reef, Australia	189
Gambar 130. Peta sebaran <i>Sinularia</i> di perairan Pulau-Pulau Derawan, Kalimantan Timur.....	194
Gambar 131. Distribusi global <i>Carijoa riisei</i>	195
Gambar 132. <i>Tripalea clavaria</i> (Studer, 1878). a, koloni; b, potongan melintang saluran longitudinal; c, detail korteks lacunar bagian dalam; d, potongan longitudinal polip yang tertarik	201
Gambar 133. Distribusi global octocorallia laut dalam (deep sea) yang diteliti berdasarkan database pada 12.508 sampel	203
Gambar 134. Pertunasan (budding) pada Octocorallia	210
Gambar 135. Pembelahan melintang (<i>transverse fission</i>) pada Octocorallia.....	210
Gambar 136. Pembentukan stolon pada Octocorallia.....	211
Gambar 137. Polip <i>bailout</i> pada Octocorallia.....	211
Gambar 138. Kumpulan koloni <i>Junceella fragilis</i> hasil reproduksi aseksual di Great Barrier Reef	213
Gambar 139. <i>Eksternal brooding</i> koloni <i>Heliopora coerulea</i> (diameter sekitar 40 cm) di terumbu Singapore	217
Gambar 140.	225

- Gambar 141. Perkembangan ovum pada *Sarcophyton glaucum*. A, gambaran umum polip betina yang menunjukkan tatanan dan perbedaan ukuran oosit pada stage III dan IV. B Stage I dan II oosit yang tertanam di mesenteri. C, stage III dan IV oosit dalam rongga polip. Huruf *c* menunjukkan koenokim, sedangkan huruf *m* adalah mesenteriy filamen; huruf *n* menunjukkan nucleus; *o1*, adalah stage awal dari dari oosit; *o2*, stage II oosit; *o3*, stage III oosit, *o4* fase matang oosit IV; *oa* bagian oral dari polip; *pc* rongga polip; *f* lapisan folikel sel.....229
- Gambar 142. Oogenesis *A. dimorpha*. (A) Oosit tahap 1 (O1), tahap 2 (O2). (B) tahap 3 (O3). (C) tahap 4 (O4). M, mesenteri; N, nukleus; n, nukleolus. skala bars=100 µm.234
- Gambar 143. Spermatogenesis *A. dimorpha*. (A) Kantong sperma tahap 1 (S1), tahap 2 (S2), tahap 3 (S3). (B) tahap 3 (S3). (C) tahap 4 (S4).M, mesenteri; sdi, spermatid; sti, spermatosit. Skala bars= 100 µm234
- Gambar 144. Gonad *A. dimorpha*. (A) Oosit polip betina. (B) penggambaran umum polip jantan memperlihatkan susunan oosit (C) Spermaries pada polip jantan. (D) penggambaran umum polip jantan yang memperlihatkan susunan spermaries. Skala bars=100 µm.....235
- Gambar 145. Oosit tahap I (O1), tahap II (O2), tahap III (O3), dan tahap IV pada *Sinularia dura*. rg=rongga gastrovaskular, n=nucleus, nu=nukleolus, lf=lapisan folikel237
- Gambar 146. Komposisi jumlah rata-rata O1 dan O2 pada karang lunak sampel non fragmentasi. Keterangan: (O1) Oosit tahap I, (O2) Oosit tahap

	II, (P) Fase bulan Purnama, (T) Fase bulan tiga per empat, (M) Fase bulan mati, (S) Fase bulan seperempat	242
Gambar 147.	Komposisi jumlah rata-rata O1 dan O2 pada karang lunak sampel hasil fragmentasi buatan. Keterangan: (O1) Oosit tahap I, (O2) Oosit tahap II, (P) Fase bulan purnama, (T) Fase bulan tiga per empat, (M) Fase bulan mati, (S) Fase bulan seperempat	244
Gambar 148.	Larva planula melekat pada substrat keras yang tidak tertutup sedimen	248
Gambar 149.	Bentuk pertumbuhan pada Alcyonacea dan Supporting Bundle pada Nephtheidae (Bayer <i>et al.</i> , 1983). Keterangan: a. arboresen; b. glomerata; c. supporting bundle; d. divaricata; e. umbellata	258
Gambar 150.	Bentuk-bentuk pertumbuhan berdasarkan bentuk percabangannya.....	259
Gambar 151.	Penyembuhan luka karang lunak <i>Lobophytum strictum</i> (i) awal penelitian, (ii) penutupan luka (selama 4 minggu).....	271
Gambar 152.	Tingkah laku makan, <i>Sarcophyton trocheliophorum</i> : (a) Persiapan makan polip. (b) Tentakel polip berbalik ke dalam untuk menutupi mulut. (c) Tentacles polip dilipat ke dalam untuk membentuk struktur seperti keranjang (d) Kontraksi dan pelepasan lengkap tentakel polip.....	279
Gambar 153.	Polip menjulur untuk makan pada (a) <i>Xenia elongata</i> dan (b) <i>Telestoriisei</i>	283
Gambar 154.	Spesimen karang lunak yang sehat	311
Gambar 155.	Pemotongan fragmen karang lunak dari induk.....	312

Gambar 156. Pelekatan fragmen pada substrat menggunakan lem dan karet gelang.....	313
Gambar 157. Pemeliharaan stek <i>Sarcophyton glaucum</i> pada air laut sistem tertutup: (a) fragmen ukuran 36 mm ² dilekatkan pada stubs keramik dengan perekat cyanoacrylate, dan ditempatkan dalam pipa PVC sebagai tempat pelekatan (hari pertama percobaan) dan (b) Fragmen pada hari ke-60.....	315
Gambar 158. Karang Lunak Jenis <i>Sarcophyton trocheliophorum</i> Von Marenzeller (A) dan <i>Lobophytum strictum</i> Tixier-Durivault (B). (Foto: A.E.W. Manuputty).....	316
Gambar 159. Cara Pemotongan Transversal-Basal (A) dan Cara Pemotongan Transversal-Median (B). Keterangan: → = Arah Pemotongan Fragmen Buatan; c = Kapitulum; s = Tangkai (<i>Stalk</i>).....	317
Gambar 160. Transplantasi Karang Lunak Jenis <i>Sarcophyton trocheliophorum</i> Von Marenzeller yang Berumur 2 Bulan (A) dan 4 Bulan (B).....	318
Gambar 161. Transplantasi Karang Lunak Jenis <i>Lobophytum strictum</i> Tixier-Durivault yang Berumur 2 Bulan (A) dan 4 Bulan (B).....	318
Gambar 162. Fragmen Buatan Karang Lunak Jenis <i>Sarcophyton trocheliophorum</i> dan <i>Lobophytum strictum</i> yang Dilekatkan pada Substrat Semen dan Diikat pada Jaring Berkerangka Besi (Keterangan: Umur Hewan Uji 2 Bulan).	319
Gambar 163. Ilustrasi media penempelan karang lunak (substrat).	320
Gambar 164. Ilustrasi rak transplantasi	320
Gambar 165. Ilustrasi penempelan karang lunak pada substrat	321

Gambar 166. Rak transplantasi dan karang lunak yang ditransplantasi	322
Gambar 167. Ilustrasi pengukuran pertumbuhan	322
Gambar 168. Jumlah publikasi yang menggambarkan isolasi senyawa baru dari Alcyonaceae	327
Gambar 169. Distribusi molekul terisolasi dari Alcyonaceae menurut asal biosintetiknya.....	328
Gambar 168. Senyawa dolabellane yang diisolasi dari karang lunak <i>Eunicea laciniata</i> dan (1 - 6) dan <i>Eunicea asperula</i> (2, 4-5).....	335

BAB I

PENDAHULUAN

Istilah Octocorallia (memiliki 8 tentakel) diidentikkan sebagai nama umum karang lunak, tetapi sebenarnya dari kelompok Octocorallia dimasukkan tiga kelompok besar yaitu “sea pen”, karang lunak (*soft coral*) dan gorgonian (*sea fan*). Ketiga kelompok ini secara sepintas mudah dibedakan, antara satu dengan lainnya, walaupun secara taksonomis sampai ke tingkat jenis mengalami banyak kesulitan (Colin dan Arneson, 1995 dalam Manuputty, 2008), karang merah (*Tubipora musica*), dan karang biru (*Heliopora Coerulea*) juga termasuk Octocorallia (Breedy *et al.*, 2008). Kelompok Octocorallia terdiri dari tujuh ordo, yaitu Stolonifera, Telestacea, Alcyonacea, Coenothecalia, Trachypsammia, Gorgonacea, dan Pennatulacea (Manuputty, 1996). Namun pada pustaka yang lain, Octocorallia sebagai sub-kelas dari Kelas Anthozoa terdiri dari Ordo Alcyonacea yang terdiri dari Suborder Calcaxonia dan Suborder Holaxonia, Ordo Heliophoracea, dan Ordo Pennatulacea (Daly *et al.*, 2007). Pustaka yang lainnya lagi menjelaskan bahwa Octocorallia terdiri dari 3 ordo, yaitu Ordo Alcyonacea Lamouroux, 1816, Ordo Helioporacea Bock, 1938, dan Ordo Pennatulacea Verrill, 1865. Subordo-subordo/section-section dari Ordo Alcyonacea, yaitu: Section Protoalcyonaria, Section Alcyoniina, Subordo Calcaxonia, Subordo Holaxonia,

Pendahuluan

Subordo Scleraxonia dan Section Stolonifera; sedangkan Ordo Helioporacea dan Ordo Pennatulacea tidak memiliki subordo atau section (Crowther, 2011).

Nama lain Octocorallia adalah Alcyonaria. Istilah Alcyonaria dipakai sebagai nama umum karang lunak yang merupakan nama penggolongan sub-kelas karang lunak (Sub-Kelas Alcyonaria atau Octocorallia) (Manuputty, 2005). Kelompok Octocorallia merupakan salah satu anggota Coelenterata/Cnidaria yang juga berperan dalam pembentukan terumbu. Sama halnya dengan karang batu, bentuk tubuh anggota Octocorallia berupa “polip” yaitu bentuk seperti bunga kecil, namun berbeda dengan karang batu dalam tekstur tubuhnya yang tidak memiliki kerangka yang keras tetapi berupa duri-duri kecil dari senyawa kalsium karbonat, yang tertanam di dalam jaringan tubuhnya. Kondisi seperti ini ditemukan pada kelompok karang lunak Genus *Sinularia*. Bila hewan ini mati, duri-duri kecil yang disebut sebagai “spikula” akan mengendap di dasar perairan kemudian mengeras dan membentuk terumbu. Beberapa jenis Octocorallia mengandung spikula dengan ukuran panjang mencapai 1 cm, dan terdapat di bagian pangkal (*basal*) koloni, sehingga membuat koloni kokoh tegak dan dapat tahan dari gempuran ombak (Bayer, 1963 *dalam* Manuputty, 2008).

Anggota Octocorallia ditemukan di perairan laut, dari perairan khatulistiwa sampai ke perairan kutub, pada semua kedalaman dari daerah pasang surut (*intertidal*) sampai ke perairan terdalam (*abyssal*), kelimpahan tertinggi ditemukan di

perairan dangkal dan hangat di daerah tropis. Alcyonaria, adalah istilah umum untuk karang lunak (Ordo Alcyonacea) dan gorgonia (Ordo Gorgonacea), mewakili sebagian besar dari fauna terumbu karang di beberapa perairan. Karang lunak khususnya mendominasi keindahan pemandangan bawah air, sayangnya sampai saat ini pengetahuan tentang taksonomi maupun habitat dari anggota Octocorallia khususnya Alcyonacea masih sedikit (Manuputty, 2005).

Reproduksi seksual Octocorallia didominasi oleh gonokhorik, dengan beberapa spesies *brooding*/mengeram yang hermafrodit, berbeda dengan scleractinians di mana pemijahan hermafrodit yang dominan. Studi awal tentang reproduksi seksual pada Octocorallia berfokus terutama pada spesies yang *brooding*, seperti *Alcyonium digitatum* dan Famili Xenidiidae. Namun penelitian yang lebih baru, menunjukkan bahwa Octocorallia menggunakan strategi reproduksi yang beragam, yaitu *broadcast spawning*, juga *internal brooding* atau *external surface brooding*. Dengan pengecualian *Rhytisma fulvum fulvum* yang strategi reproduksinya *surface brooder*, gonokhorik *broadcast spawning* adalah cara umum reproduksi anggota Famili Alcyoniidae tropis dan *brooding* lebih umum terjadi pada Alcyoniidae yang hidup pada daerah beriklim sedang (Schleyer *et al.* 2004), sedangkan di daerah tropis, seperti yang didapatkan.

Anthelia glauca Lamarck, 1816 adalah gonokhorik, karang lunak *external-brooding* yang aktif secara reproduktif di bulan-bulan musim panas. Perkembangan gamet yang diproduksi pada akhir musim panas dikeluarkan pada musim dingin. Beberapa

Pendahuluan

tahap gamet ditemukan di dasar polip, dan polip betina menghasilkan beberapa siklus larva selama periode pengembangbiakan yang Panjang, yaitu 4 hingga 5 bulan. Larva dierami dalam kantong *pharyngeal brooding* khas yang belum didapatkan pada spesies karang lainnya. Kantung pengeraman induk terdiri dari perluasan *pharynx* dengan konstiksi secara proksimal dan distal ke embrio dan larva. Transfer dan pembuahan sel telur terjadi pada bulan purnama dan larva dewasa dilepaskan setelah bulan baru. Zooxanthellae tidak ada dalam oosit *A. glauca*, tetapi infeksi zooxanthella dimulai pada tahap larva *immature* (Schleyer & Benayahu, 1998). Pada pena laut *Veretillum cynomorium* yang secara eksklusif mendiami sedimen lunak dan substrat berpasir, mode reproduksinya adalah gonokhorik pada tingkat koloni, dan tampaknya bereproduksi secara seksual melalui *broadcast spawning* (Lopes *et al.*, 2012).

Octocorallia memiliki sejumlah strategi reproduksi yang ditemukan pada Anthozoa yang lain; Namun, keragaman mekanisme yang menyebabkan reproduksi aseksual membuat kelompok ini unik. Jenis-jenis perbanyakan klon yang ditemukan pada Octocorallia meliputi: pembelahan sederhana; kematian parsial dengan pembagian menjadi dua bagian yang terpisah, kemudian masing-masing tumbuh menjadi individu yang baru; fragmen koloni melekat dan hidup kembali; pengembangan koloni dari stolon; dan autotomi cepat dari fragmen kecil yang prosesnya seperti akar. Selain itu, perkembangan planula aseksual juga melalui parthenogenesis.

Octocorallia mengandung beberapa senyawa yang banyak diaplikasikan pada dunia kedokteran dan farmasi, seperti ekstrak alkohol *Heteroxenia fuscescens* memiliki aktivitas antipiretik dan anti inflamasi (Mohammed *et al.*, 2012), *Phyllogorgia dilatata* mengandung senyawa terpenyang menurut uji sensoris memiliki kombinasi aroma jeruk, kayu, laut, dan gorgonian alami yang dapat dijadikan sebagai sumber senyawa *odoriferous* (wewangian) untuk keperluan industri parfum (Oigmanet *al.*, 2015), *Sinularia flexibilis* mengandung *flexibilide*, *dihydroflexibilide* dan *sinulariolide* yang bisa menjadi *lead compound* yang berguna dalam pencarian perbaikan pengobatan penyakit kardiovaskular, terutama gagal jantung (Aceret *el al.*, 1996), ekstrak organik dan fraksi semi-murni gorgonian *Eunicella singularis* memiliki aktivitas analgesik dan antiinflamasi (Deghrigue *et al.*, 2015). *Clavularia viridis* mengandung senyawa *dolabellane* baru-tipe diterpenoid, yaitu *clavirolide G* yang memiliki aktivitas sitotoksik terhadap sel tumor manusia (Gao *et al.*, 2017), *Sinularia flexibilis* mengandung senyawa *sinulariolide* dan *flexibilide* yang memiliki sifat-sifat sebagai antibiotik (Aceret *el al.* 1998), dan banyak lagi senyawa bioaktif yang memiliki berbagai macam sifat dan bioaktivitas yang banyak diaplikasikan di dunia farmasi, kedokteran, dan bidang lainnya, yang dijelaskan banyak pada bab lainnya di buku ini.

Pada buku ini penulis mengulas beberapa aspek biologi dan ekologi Octocorallia. Setelah pendahuluan, selanjutnya diulas tentang sistematika, kemudian morfologi dan anatomi,

Pendahuluan

distribusi dan habitat, reproduksi, pertumbuhan, nutrisi, dan bahan alam laut (*Marine Natural Products*). Pada bagian akhir buku ini diuraikan tentang budidaya dan transplantasi Octocorallia. Buku ini disusun dari berbagai sumber, terutama dari artikel ilmiah internasional bereputasi dan nasional, skripsi, tesis, disertai, buku-buku teks, dan juga hasil-hasil penelitian dari berbagai institusi di dalam dan di luar negeri, termasuk hasil penelitian penulis selama ini, terutama yang terkait dengan karang lunak dari Ordo Alcyonacea.

Buku ini ditulis untuk memenuhi kebutuhan mahasiswa dan dosen pada Program Studi/Departemen Ilmu Kelautan, Budidaya Perairan, Manajemen Sumber Daya Perairan, Pemanfaatan Sumber Daya Perairan, Biologi, Farmasi dan Kimia. Buku ini dapat dijadikan rujukan untuk mata kuliah Korologi, Avertebrata Laut, Biologi Laut, Dasar-Dasar Bioprospecting pada Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, sedangkan pada Program Studi/Fakultas Farmasi bisa, dijadikan rujukan pada mata kuliah biofarmaka atau mata kuliah yang berkaitan dengan pencarian *novel substance* atau pengembangan senyawa bioprospekting yang bersumber dari Sub-Kelas Octocorallia atau karang lunak.

Selain itu, buku ini dapat dijadikan rujukan untuk penelitian mahasiswa S1, S2, S3, dosen, dan peneliti yang obyek penelitiannya adalah karang lunak dari Subkelas Octocorallia

BAB II

SISTEMATIKA DAN TAKSONOMI

Anthozoa Subkelas Octocorallia mencakup karang lunak, gorgonian (kipas laut/*sea fans*, cambuk laut/*sea whips*), pena laut (*sea pens*), dan karang biru (*blue coral*). Octocorallia saat ini jumlahnya diestimasi sekitar 3000 lebih spesies. Seperti dengan nama subkelasnya memiliki delapan tentakel dan delapan mesenteri pada polipnya. Selain itu, terdapat pinnules (ekstensi lateral) pada tentakelnya, meskipun karakter ini tidak ada dalam beberapa taksa (Alderslade & McFadden, 2007). Semua Octocorallia memiliki polip koloni, kecuali *Taiaroa tauhou* dari kelompok pena laut yang memiliki polip tunggal.

Saat ini untuk menyusun sistematika atau taksonomi Octocorallia didasarkan pada karakter morfologi dan anatomi tubuhnya, terutama skleritnya yang sangat beragam. Urutan suatu tingkatan takson secara hierarki suatu jenis Octocorallia antara satu ahli/peneliti dengan ahli atau peneliti lainnya relative berbeda. Hal ini diakibatkan oleh tingginya keanekaragaman karakter-karakter biologi Octocorallia yang dijadikan dasar untuk menggolong-golongkannya dalam satu takson tertentu. Oleh karena itu, di bawah ini disajikan sistematika Octocorallia oleh para ahli dan peneliti yang diambil dari berbagai sumber.

Sistematika dan Taksonomi

1. Sistematika Octocorallia Menurut Kükenthal (1925)

Menurut Kükenthal (1925), Octocorallia terdiri dari tiga ordo, yaitu: Ordo Alcyonaria, Ordo Gorgonaria, dan Ordo Pennatularia. Alcyonaria memiliki 9 famili dan 37 genera; Ordo Gorgonaria memiliki 2 subordo, yaitu Subordo Scleraxonia dan Subordo Holaxonia. Subordo Scleraxonia terdiri dari 4 famili dan 24 genera, sedangkan Subordo Holaxonia terdiri dari 8 famili dan 85 genera; Ordo Pennatularia terdiri dari 2 subordo, yaitu Subordo Sessiliflorae dan Subordo Subselliiflorae. Subordo Sessiliflorae memiliki 11 famili dan 18 genera, sedangkan Subordo Subselliiflorae memiliki 3 famili dan 10 genera (Pérez *et al.*, 2016).

2. Sistematika Octocorallia Menurut Hickson (1930)

Menurut Hickson (1930), Octocorallia terdiri dari 6 ordo, yaitu: Ordo Stolonifera, Ordo Telestacea, Ordo Alcyonacea, Ordo Gorgonacea, ordo Coenothecalia, dan Ordo Pennatulacea. Ordo Stolonifera terdiri dari 3 famili dan 16 genera; Ordo Telestacea terdiri dari 1 famili dan 4 genera; Ordo Alcyonacea terdiri dari 5 famili dan lebih dari 29 genera; Ordo Gorgonacea terdiri dari Subordo Scleraxonia dan Subordo Holaxonia. Subordo Scleraxonia terdiri dari 4 famili dan lebih dari 11 genera, sedangkan Subordo Holaxonia terdiri dari 8 famili dan lebih dari 53 genera. Ordo Coenothecalia terdiri dari 1 famili dan 1 genera; dan Ordo Pennatulacea terdiri dari 25 famili dan lebih dari 145 genera (Pérez *et al.*, 2016).

3. Sistematika Octocorallia Menurut Bayer (1956)

Sistematika Octocorallia menurut Bayer (1956) adalah:

Subkelas Octocorallia Haeckel 1866

Ordo Stolonifera Hickson 1883

Famili Cornularidae Dana 1846

Genus Conularia (Gambar 1)



Gambar 1. *Cornularia cornucopiae*
(http://eol.org/search?search_type)

Famili Clavuridae Hickson 1894

Genus Clavularia (Gambar 2)



Gambar 2. *Clavularia* sp.
(<http://animal-world.com/Aquarium-Coral-Reefs/>)

Sistematika dan Taksonomi

Genus Epiphaxum
Genus Sarcodictyon
Famili Tubiporidae Ehrenberg 1828
Genus Tubipora (Gambar 3)



Gambar 3. *Tubipora musica*
(<http://www.poppe-images.com/>)

Ordo Alcyonacea Lamouroux 1816

Famili Alcyoniidae Lamouroux 1812

Genus Alcyonium

Genus Acrophytum

Genus Anthomastus

Genus Bathyalcyon

Genus Nidalia

Genus Lobophytum (Gambar 4)



Gambar 4. *Lobophytum* sp.
(<http://www.bluezooaquatics.com>)

Genus Sarcophytum (Gambar 5)



Gambar 5 *Sarcophytum* sp.
(<http://www.aquariumadvice.com>)

Sistematika dan Taksonomi

Genus *Sinularia* (Gambar 6)



Gambar 6. *Sinularia* sp.
(http://www.calacademy.org/google_earth)

Famili Asterozoniidae Utinomi 1951

Genus *Astrosipularia* (Gambar 7)



Gambar 7. *Astrosipularia* sp.
(<http://www.flmnh.ufl.edu/reefs/>)

Famili Nephtheidae Gray 1862

Genus *Nephthea* (Gambar 8)



Gambar 8. *Nephthea sp.*
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nephthea_sp.jpg)

Genus Dendronephthya (Gambar 9)



Gambar 9. *Dendronephthya sp.*
(<http://www.advancedaquarist.com>)

Genus Eunephthya
Genus Gersemia

Sistematika dan Taksonomi

Genus *Lemnalia* (Gambar 10)



Gambar 10. *Lemnalia* sp.
(<https://www.flickr.com/photos/berniedup/8455466101>)

Genus *Litophyton* (Gambar 11)



Gambar 11. *Litophyton* sp.
(<http://www.aquaportail.com/fiche-corail>)

Genus *Stereonephthya* (Gambar 12)

Gambar 12. *Stereonephthya* sp.
(<http://www.flmnh.ufl.edu/reefs>)

Famili Siphonogorgiidae Kolliker 1874

Genus Siphonogorgia

Genus Agaricoides

Genus Cactogorgia

Genus Paranephthya

Genus Scleronephthya (Gambar 13)



Gambar 13. *Scleronephthya* sp.
(<http://www.advancedaquarist.com>)

Sistematika dan Taksonomi

Genus *Stereacanthia*
Famili *Viguieriotidae* Bayer 1954
Genus *Viguieriotes*
Genus *Paralcynium*
Famili *Xeniidae* Ehrenberg 1828
Genus *Xenia* (Gambar 14)



Gambar 14. *Xenia* sp.
(<http://www.aquacorals.com/shopcorals2>)

Genus *Anthelia* (Gambar 15)



Gambar 15. *Anthelia* sp.
(<http://www.melevsreef.com/id/anthelia>)

Genus *Ceratocaulon*
Genus *Cespitularia* (Gambar 16)



Gambar 16. *Cespitularia* sp.

(<http://reefbuilders.com/2010/06/02/blue>)

Genus *Efflatounaria*

Genus *Heteroxenia* (Gambar 17)

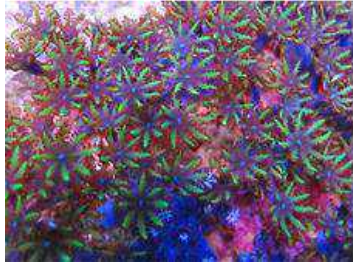


Gambar 17. *Heteroxenia* sp.

(<http://www.freeimageslive.co.uk/free>)

Sistematika dan Taksonomi

Genus *Sympodium* (Gambar 18)



Gambar 18. *Sympodium* sp.

(<http://www.marineaquariumsa.com>)

Ordo Trachypsammiacea Montanaro-Gallitelli, nov.

Famili Trachypsammiidae Gerth 1921

Genus Trachypsammia

Ordo Coenothecalia Bourne 1895

Famili Helioporiidae Moseley 1876

Genus *Heliopora* (Gambar 19)



Gambar 19. *Heliopora coerulea*

(<http://yuumezawa.com/Photos/photos>)

Genus Octotremacis
Genus Polytrema
Famili Ceratoporellidae Hickson 1912
Genus Ceratoporella
Ordo Gorgonacea Lamouroux 1816
Subordo Scleraxonia Studer 1887
Famili Briareidae Gray 1859
Genus Briareum (Gambar 20)



Gambar 20. *Briareum sp.*
(<http://de.wikipedia.org/wiki/Datei>)

Genus Solenopodium
Famili Anthothelidae Broch 1916
Subfamili Anthothelinae Brch 1916

Sistematika dan Taksonomi

Genus Anthothela (Gambar 21)



Gambar 21. *Anthothela* sp.

(https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Anthothela_grandiflora.jpg)

Subfamili Semperinae Aurivillius 1931

Genus Semperina

Genus Iciligorgia

Genus Solenocaulon

Subfamili Spongiodermatinae Aurivillius 1931

Genus Spongioderma

Genus Alertigorgia

Genus Callipodium

Genus Diodogorgia

Genus *Erythropodium* (Gambar 22)



Gambar 22. *Erythropodium* sp.
(<http://www.gorgonien-lexikon.com>)

Genus Titanideum

Genus Tripalea

Famili Subergorgiidae Gray 1859

Genus Subergorgia

Famili Paragorgiidae Kukenthal 1916

Genus Paragorgia

Genus Sibogagorgia

Genus Corallum

Genus Pleurocoralloides

Famili Coralliidae Lamouroux 1812

Famili Melithaeidae Gray 1870

Genus Melithaea

Genus Acabaria

Genus Clathria

Sistematika dan Taksonomi

Genus Melitella

Genus Mopsella

Genus Wrightella

Famili Parisididae Aurivillius 1931

Genus Parisis

Genus Sklerantheia

Subordo Holaxonia Studer 1887

Famili Keroeididae Kinoshita 1910

Genus Keroeides

Famili Acanthogorgiidae Gray 1859

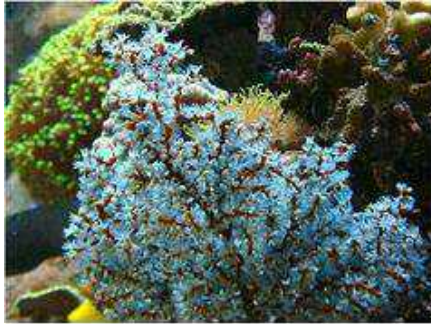
Genus Acanthogorgia (Gambar 23)



Gambar 23. *Acanthogorgia* sp.
(<http://commons.wikimedia.org/wiki>)

Genus Acalycigorgia

Genus Anthogorgia (Gambar 24)



Gambar 24. *Anthogorgia* sp.
(<http://www.meerwasser-lexikon.de/tiere>)

Famili Paramuriceidae Bayer nov.

Genus Paramuricea (Gambar 25)



Gambar 25. *Paramuricea* sp.
(<http://www.marinbi.com/cnidaria>)

Genus Acanthaxis

Genus Anthomuricea

Sistematika dan Taksonomi

Genus *Bebryce*

Genus *Calicogorgia*

Genus *Cyclomuricea*

Genus *Discogorgia*

Genus *Echinogorgia*

Genus *Trachymuricea*

Genus *Villogorgia*

Famili *Plexauridae* Gray 1859

Genus *Plexaura* (Gambar 26)



Gambar 26. *Plexaura* sp.

(<https://alchetron.com/Plexaurella>)

Genus *Anthoplexaura*

Genus *Eunicea*

Genus *Eunicella*

Genus *Euplexaura* (Gambar 27)



Gambar 27. *Euplexaura* sp.
(<http://www.flickr.com/photos/micano>)

Genus *Hicksonella*

Genus *Muricea*

Genus *Muriceopsis*

Genus *Paraplexaura*

Genus *Plexaurella*

Genus *Psammogorgia*

Genus *Rumphella* (Gambar 28)



Gambar 28. *Rumphella* sp.
(<http://www.kudalaut.eu/en/dph/4091>)

Sistematika dan Taksonomi

Famili Gorgoniidae Lamouroux 1812

Genus *Gorgonia* (Gambar 29)



Gambar 29. *Gorgonia* sp.

(<http://reefguide.org/carib/venusseafan.html>)

Genus *Antillogorgia*

Genus *Eugorgia*

Genus *Leptogorgia* (Gambar 30)



Gambar 30. *Leptogorgia* sp.

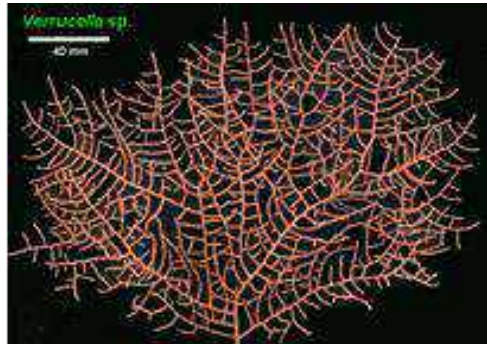
(<http://www.kudalaut.eu/en/dph/1967>)

- Genus Lophogorgia
- Genus Pacifigorgia
- Genus Phycogorgia
- Genus Phyllogorgoia
- Genus Pterogorgia
- Famili Ellisellidae Gray 1859
 - Genus Ellisella
 - Genus Ctenocella
 - Genus Junceella (Gambar 31)



Gambar 31. *Junceella* sp.
([https://za.fotolia.com/tag/"douglas%20divebomber%20plane](https://za.fotolia.com/tag/))

- Genus Nicella
- Genus Riisea
- Genus Toeplitzella
- Genus Verrucella (Gambar 32)



Gambar 32. *Verrucella* sp.
(<http://researcharchive.calacademy.org>)

Famili Ifalukellidae Bayer 1955

Genus Ifalukella

Genus Plumigorgia (Gambar 33)



Gambar 33. *Plumigorgia* sp.
(<http://researcharchive.calacademy.org>)

Famili Chrysogorgiidae Verrill 1883
Subfamili Lepidogorgiinae Versluys 1902
Genus Radicipes
Genus Chrysogorgia
Genus Iridogorgia
Genus Metallogorgia (Gambar 34)



Gambar 34. *Metallogorgia* sp.
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Metallogorgia_sp_NOAA.jpg)

Genus Pleurogorgia
Genus Trichogorgia
Subfamili Chalcogorgiinae Bayer 1949
Genus Chalcogorgia
Famili Primnoidae Gray 1857
Subfamili Primnoeidae Studer 1887
Genus Primnoeides
Subfamili Primnoinae Gray 1857

Sistematika dan Taksonomi

Genus Primnoa

Genus Callogorgia

Genus Eogorgia

Genus Plumarella (Gambar 35)



Gambar 35. *Plumarella* sp.

(<http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&tid=177839&pic=128954>)

Genus Primnoella

Genus Pseudoplumarella

Genus Thouarella

Subfamili Callyptrophorinae Gray 1870

Genus Arthrogorgia

Genus Narella

Subfamili Callozostrinae Studer 1887

Genus Callozoztron

Genus *Candidella*
Famili *Ainigmaptilidae* Carlgren 1943
Genus *Ainigmaptilon*
Famili *Isididae* Lamouroux 1812
Subfamili *Keratoisidinae* Gray 1870
Genus *Keratoisis*
Genus *Acanella*
Genus *Isidella* (Gambar 36)



Gambar 36. *Isidella* sp. (Kerangka)
(<http://en.wikipedia.org/wiki/File:2>)

Genus *Lepididsis*
Subfamili *Mopseinae* Gray 1870
Genus *Mopsea*
Genus *Peltastisis*

Sistematika dan Taksonomi

Genus Primnoisis

Subfamili Muricellisidinae Kukenthal 1915

Genus Muricellisis

Subfamili Isidinae Lamouroux 1812

Genus Isis (Gambar 37)



Gambar 37. *Isis hippuris*

(http://atj.net.au/Dive20088209The_Cod_Hole.html)

Genus Chelidonisis

Ordo Telestacea Hickson 1930

Famili Telestidae Milne-Edward & Haime 1857

Genus Telesto

Genus Coelogorgia (Gambar 38)



Gambar 38. *Coelogorgia* sp.

(https://m.blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=ultra_unit&log)

Genus Telestula

Famili Pseudocladochonidae Madsen 1944

Genus Pseudocladochonus

Ordo Pennatulacea Verrill 1865

Subordo Sessiliflorae Kukenthal 1915

Famili Veretillidae Herklots 1858

Genus Veretillum (Gambar 39)



Gambar 39. *Veretillum* sp.
([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Veretillum_sp.\(Sea_pen\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Veretillum_sp.(Sea_pen).jpg))

Genus Cavernularia

Genus Cavernulina

Genus Lituaria

Genus Policella

Famili Echinoptilidae Hubrecht 1885

Genus Echinoptilum

Genus Actinoptilon

Famili Renillidae Gray 1860

Genus Renilla

Genus Alectorurus

Genus Cancelliphyucus

Genus Spirophyton

Genus Taonurus

Famili Kophobelemnidae Gray 1860

Genus Kophobelemnon

Genus Mesobelemnon

Genus Sclerobelemnon (Gambar 40)



Gambar 40. *Sclerobelemnon* sp.

(<http://www.kudalaut.eu/en/dph/412>)

Famili Anthoptilidae Kolliker 1880

Genus Anthoptilum

Famili Funiculinidae Gray 1860

Genus Funiculina

Famili Protoptilidae Kolliker 1872

Genus Protoptilum

Genus Distichoptilum

Genus Helicoptilum

Famili Stachyptilidae Kolliker 1880

Sistematika dan Taksonomi

- Genus Stachytilum
- Famili Scleroptilidae JJungersen 1904
 - Genus Scleroptilum
 - Genus Calibelemnon
- Famili Chunellidae Kukenthal 1902
 - Genus Chunella
 - Genus Amphiacme
- Famili Umbellulidae Lindahl 1874
 - Genus Umbellula (Gambar 41)



Gambar 41. *Umbellula sp.*
(<http://www.imr.no/nyhetsarkiv/2010/april>)

- Subordo Subselliflorae Kukenthal 1915
 - Famili Virgulariidae Verrill 1868
 - Subfamili Virgulariinae Verrill 1868
 - Genus Virgularia
 - Genus Acanthoptilum
 - Genus Graphularia
 - Genus Scytaliopsis

Genus Scytalum
Genus Stylatula
Subfamili Balticinae Gray 1870
Genus Balticina
Famili Pennatulidae Ehrenberg 1828
Genus Pennatula (Gambar 42)



Gambar 42. *Pennatula* sp.
(<http://www.european-marine-life.org>)

Genus Ptilosarcus
Famili Pteroeididae Kolliker 1880

Sistematika dan Taksonomi

Genus *Pteroeides* (Gambar 43)



Gambar 43. *Pteroeides* sp.

(<http://www.waterworxbali.com/diving>)

Genus *Sarcoptilus*

Genus *Struthiopterion*

4. Sistematika Octocorallia Menurut Bayer (1981)

Menurut Bayer (1981), Octocorallia terdiri dari 3 Ordo, yaitu Ordo Helioporacea, Ordo Alcyonacea, dan Ordo Pennatulacea. Ordo Helioporacea terdiri dari 2 famili dan 2 genera. Ordo Alcyonacea terdiri dari 6 Subordo, yaitu Subordo Protoalcyonaria, Subordo Stolonifera, Subordo Alcyoniina, Subordo Scleraxonia, Subordo Medullate Holaxonia, dan Subordo Restricted Holaxonia. Ordo Pennatulacea terdiri dari 14 famili dan 28 genera. Subordo Protoalcyonaria terdiri dari 1 famili dan 1 genus; Subordo Stolonifera terdiri dari 5 famili dan 19 genera; Subordo Alcyoniina terdiri dari 6 famili dan 48 genera; Subordo Scleraxonia terdiri dari 7 famili dan 23 genera;

Subordo Medullate Holaxonia terdiri dari 4 famili dan 40 genera, sedangkan Subordo Restricted Holaxonia terdiri dari 5 famili dan 67 genera (Pérez *et al.*, 2016).

5. Sistematika Octocorallia Menurut Breedy *et al.* (2008)

Sistematika Octocorallia menurut Breedy *et al.* (2008) adalah sebagai berikut:

Subclass Octocorallia

Ordo Pennatulacea

Famili Pennatulidae

Famili Virgulariidae

Ordo Alcyonacea

Alcyoniina group

Famili Alcyoniidae

Subordo Holaxonia

Famili Gorgoniidae

Famili Plexauridae

Subordo Calcaxonia

Famili Isididae

Famili Primnoidae

Stolonifera group

Famili Clavulariidae

6. Sistematika Octocorallia Menurut Rose (2009)

Sistematika Octocorallia menurut Rose (2009) adalah sebagai berikut:

Subkelas Octocorallia

Sistematika dan Taksonomi

Ordo Alcyonacea

Subordo Calcaxonina (gorgonian)

Subordo Holaxonina (gorgonian)

Subordo Sleraxonina (gorgonian)

Subordo Alcyoniina (karang lunak yang sebenarnya)

Stolonifera (karang berstolon)

Ordo Helioporacea/Coenothecalia (Karang biru)

Ordo Pennatulacea (pena laut dan bunga pansy laut/sea pansies)

Subkelas Octocorallia

Klasifikasi Subkelas Octocorallia jauh lebih ambigu daripada Subkelas Hexacorallia dan saat ini dalam keadaan berjalan atau dipakati oleh banyak ahli. Gorgonia adalah yang paling umum dan beragam dari Octocorallia dan ditandai dengan bentuk tubuh yang seperti pohon. Polip Octocorallia memiliki delapan tentakel dan menyirip (pinnate), sebuah jaringan kanal gastrovascular (solenia) yang memungkinkan makanan/nutrisi menyebar ke seluruh koloni. Secara tradisional, Octocorallia dibagi menjadi tiga ordo, yaitu: Helioporacea - karang biru (*Heliopora coerulea*), Pennatulacea - laut pena dan pansy laut, dan Alcyonacea - selebihnya dari Octocorallia (Rose, 2009).

a. Ordo Alcyonacea

Sementara ini berjalan ordo tunggal Alcyonacea, tetapi secara historis diwakili oleh empat ordo, bukan satu, yaitu: Alcyonacea, Gorgonacea, Stolonifera, Telestacea. Susunan terbaru malah dikelompokkan keempat ordo

Octocorallia termasuk ke dalam Alcyonacea, dan dibagi menjadi lima Subordo: yaitu: Calcaxonia, Holaxonia, Alcyoniina, Scleraxonia, dan Stolonifera.

Subordo Calcaxonia, Holaxonia dan Scleraxonia adalah semuanya gorgonia. Gorgonia adalah kelompok beragam Octocorallia yang beranekaragam, memiliki kerangka yang terbuat dari gorgonin (protein berserat yang kompleks) dan/ atau kalsium karbonat. Rangka tubuhnya ditutupi dengan kulit seperti halnya karang lunak, dengan konsentrasi sklerit yang sangat tinggi dan polipnya benar-benar dapat tertarik masuk ke dalam koenenkim (retraktil) (Rose, 2009).

Subordo Stolonifera terdiri dari karang yang tidak memiliki koenenkim; karang ini "sederhana" biasanya menyerupai koloni hydrozoa besar seperti genus *Carijoa* (sering disebut sebagai telestacea), tetapi juga meliputi karang pipa yang unik (*Tubipora musica*). Alcyoniina adalah karang lunak yang sebenarnya dan karang ini termasuk Xeniidae, Neptheidae, karang berdaging/*fleasly corals*. Karang-karang ini memiliki koenenkim, tebal berdaging dengan sclerites yang banyak di dalamnya. koenenkim adalah jenis jaringan yang memungkinkan karang lunak untuk membentuk tubuhnya menjadi berbagai macam. Karang lunak ini memiliki polip siphonozoids, yang bertanggung jawab untuk memperbesar ukuran koloni dan untuk bereproduksi,

Sistematika dan Taksonomi

polip gastrozooids untuk menangkap dan mencerna makanan (Rose, 2009).

b. Ordo Helioporacea

Ordo Helioporacea (karang biru) hanya berisi dua famili (Helioporidae dan Lithothelestidae) dan tiga genera. Octocorallia ini memiliki kerangka dari *aragonit fibrocrystalline* dan karakteristiknya berwarna biru yang berasal dari garam besi. Genus Heliopora sering disebut sebagai fosil hidup karena telah ada dalam bentuk umum yang sama sejak zaman kapur (Cretaceous) (150-65 juta tahun yang lalu).

c. Ordo Pennatulacea

Ordo Pennatulacea terdiri dari empat belas famili dan mencakup sekelompok Octocorallia yang kompleks (terutama pena laut) yang mudah-dibedakan dari *clades* Octocorallia lainnya. Struktur fisiologis pena laut sangat berbeda dari Octocorallia lainnya. Ordo Pennatulacea memiliki tiga jenis zooids, yaitu: (1) zooid primer membentuk sumbu pusat koloni yang disebut *rachis* dan memiliki dasar akar seperti tangkai yang digunakan untuk jangkar koloni dalam sedimen. (2) Gastrozoid adalah polip untuk menangkap dan mencerna makanan dan, (3) siphonozooids berfungsi sebagai struktur asupan air. Pena Laut menghuni perairan yang lebih dalam dengan kedalaman kurang atau lebih dari 2.000 meter, dan beberapa jenis menghasilkan cahaya bioluminusens (Rose, 2009).

7. Sistematika Octocorallia Menurut Fabricius dan Alderslade (2001)

Sistematika Octocorallia menurut Fabricius dan Alderslade (2001) adalah sebagai berikut:

Kelompok Stolonifera

Famili Clavuriidae

Famili Coelogorgiidae

Famili Tubiporidae

Kelompok Alcyoniina

Famili Alcyoniidae

Famili Nephtheidae

Famili Nidaliidae

Famili Paralcyoniidae

Famili Asterozoniidae

Famili Xenidae

Kelompok Scleraxonia

Famili Briareidae

Famili Anthothelidae

Famili Subergorgiidae

Famili Melithaeidae

Famili Parisididae

Subordo Holaxonia

Famili Keroeidae

Famili Acanthogorgiidae

Famili Plexauridae

Famili Gorgoniidae

Suborde Calcaxonia

Sistematika dan Taksonomi

- Famili Ellisellidae
- Famili Ifalukellidae
- Famili Primnoidae
- Famili Chrysogorgiidae
- Famili Isididae

Deskripsi taksonomi genera-genera dari Subkelas Octocorallia yang umum ditemukan pada Ordo Alcyonacea menurut Manuputty (2002); Janes (2008) adalah sebagai berikut:

a. Genus *Sarcophyton* Lesson, 1834

Koloni biasanya berukuran besar, mempunyai tangkai berwarna putih atau senada dengan kapitulium. Kapitulium melebar seperti jamur atau bundar dengan bagian tepi berlekuk atau melipat, permukaan halus seperti beludru, jumlah polip autosoid lebih banyak. Koloni yang masih muda dan baru tumbuh berbentuk jamur. Polip akan berkontraksi penuh terutama pada air laut berarus deras sehingga tampak seperti beludru. Warna koloni krem atau krem keabuan. Di lapangan ditemukan dari rata-rata terumbu sampai ke kedalaman 15 meter dengan konsentrasi pada kedalaman 3-10 meter.

b. Genus *Lobophytum* von Marenzeller, 1886

Koloni besar dan merambat (encrusting). Kapitulium lebar, permukaan atas dapat lobata yaitu berbentuk jari (*digitata*) atau juga mempunyai pematang-pematang, letaknya tegak lurus permukaan kapitulium. Polip dimorfik dan retakril. Warna koloni kuning atau kuning kehijauan

yang merupakan perbedaan yang kontras dengan jenis *Alcyonaea* lainnya, atau krem. Ditemukan dari rata-rata terumbu sampai ke kedalaman 7 meter.

c. Genus *Sinularia* May, 1898

Koloni bertangkai atau merambat (encrusting). Kapitulum lebar, lobata pada yang merambat, yang bertangkai digitata, aboresen atau glomerata. Polip monomorfik yaitu tidak memiliki sifonosoid, dan retraktil. Beberapa jenis hanya ditemukan pada kedalaman tertentu saja (15-20 meter). Tangkai berwarna senada dengan kapitulum, kecuali *Sinularia flexibilis* tangkainya berwarna putih, kapitulum lentur dan berwarna krem. Warna koloni krem, coklat muda atau abu-abu. Ditemukan dari rata-rata terumbu sampai ke kedalaman 20 meter. Anggota dari genus *Sinularia* sangat banyak sehingga untuk membedakan jenis yang satu dengan lainnya tidak cukup hanya dengan ciri-ciri morfologinya saja. Untuk itu harus dibedakan dari bentuk sklerit atau spikulanya.

d. Genus *Cladiella* Gray, 1869

Koloni bertangkai, dengan kapitulum lobata atau digitata, dapat bercabang lagi menjadi cabang sekunder. Tangkai berwarna putih, kapitulum berwarna coklat tua atau merah keunguan bila polip berkontraksi (retraktil), sebaliknya bila polip ditarik masuk kapitulum berwarna ungu atau abu-abu. Pada beberapa jenis kapitulumnya lunak. Ditemukan di rata-rata terumbu sampai ke

kedalaman 7 meter. Di perairan Indonesia genus *Cladiella* lebih banyak ditemukan dibandingkan dengan *Alcyonium*.

e. Genus *Nepthea* Audouin, 1862

Koloni berbentuk pohon atau semak (arboresen), lunak dan dinding koloni berbentuk kanal-kanal yang tersusun memanjang, tipis dan gampang sobek, bertangkai dengan kapitulum lobata atau glomerata. Polip non retraktil, tersusun berkelompok pada ujung lobus, mengandung spikula yang tersusun rapi berfungsi sebagai penyokong tubuh. Tangkai berwarna abu-abu sampai putih, lobus krem, abu-abu atau cokelat. Ditemukan dari rata-rata terumbu sampai ke kedalaman 10 meter.

f. Genus *Dendronephthya* Kukenthal, 1905

Genus ini merupakan merga yang terkenal karena keindahan warna, dan bentuk koloninya. Koloni arboresen, percabangan divarikata, glomerata, atau umbellata. Tangkai transparan disokong oleh dengan deretan spikula yang tersusun rapi dan tampak jelas sampai ke lobus. Polip non retraktil terdapat di ujung cabang dengan spikula yang berwarna-warni, pada masing-masing jenis mempunyai warna tersendiri sehingga memberikan kesan indah. Warna koloni merah, kuning, oranye, ungu tua, ungu muda dan putih. Umumnya ditemukan di tempat yang agak dalam di kedalaman di bawah 10 meter dan terlindung di balik bongkahan karang.

g. Genus *Lemnalia* Gray, 1868

Koloni arboresen, polip non-retraktil yang tersusun hanya pada ranting (cabang tersier). Bagian tangkai lebih keras dari *Nephthea* atau *Dendronephthya* dengan dinding yang lebih tebal. Percabangannya dengan dinding yang lebih tebal. Percabangannya teratur, digitata dengan tangkai yang panjang, agak kaku dan ramping. Warna tangkai biasanya lebih muda dari kapitulum berwarna krem atau abu-abu. Genus ini umumnya dijumpai pada kedalaman di bawah 7 meter.

h. Genus *Capnella* Gray, 1869

Koloni kecil, arboresen sampai lobata. Kapitulum umbellata dan memiliki lobus yang tersusun rapat oleh polip yang disokong oleh sklerit yang kecil-kecil dan bila dipegang terasa kasar. Kapitulum berwarna abu-abu, tangkai berwarna abu-abu muda. Ditemukan pada kedalaman yang sama dengan *Nephthea*.

i. Genus *Xenia* Lamarck, 1816

Koloni kecil, tangkai pendek dan kolumnar, umbellata dengan percabangan yang jarang. Polip lebih besar dari Alcyonacea lainnya, non retraktil dan monomorfik. Tentakel memiliki deretan duri (pinnula) di bagian tepinya. Masing-masing polip tersusun rapi pada kapitulum dan bila ditemukan percabangan atau polip yang rapat, permukaan atas kapitulum masih tetap tampak. Warna koloni abu-abu, krem sampai cokelat

Sistematika dan Taksonomi

muda, ditemukan dari rataan terumbu sampai ke kedalaman 10 meter.

j. Genus *Anthelia* Lamarck, 1816

Polip individual, muncul dari bagian basal mirip dengan *Clavularia*. Perbedaannya ialah pada *Anthelia* polip tidak mempunyai kaliks yaitu bagian basal tentakel yang agak kaku, dan polip non-retraktil. Polip saling berhubungan satu dengan lainnya melalui stolon atau melalui membrane tipis dan mengandung saluran atau kanal yang tersusun seperti jaring. Warna koloni krem kecokelatan, ditemukan pada rataan terumbu sampai ke kedalaman 7 meter.

k. Genus *Clavularia* Roxas, 1933

Koloni berupa polip yang individual ukuran 2-40 mm, bersatu di bagian basal pada stolon. Polip dapat ditarik masuk dengan sempurna ke dalam antostela (kaliks) yang identik dengan leher, kaku karena mengandung sklerit. Sepintas koloninya mirip dengan *Anthelia*, hanya bedanya *Anthelia* tidak mempunyai kalyx. Warna koloni coklat muda sampai ungu, ditemukan di rataan terumbu sampai ke kedalaman 10 meter, terutama di lokasi yang pertumbuhan karang batunya kurang baik.

l. Genus *Pachyclavularia* Roxas, 1933

Koloni mirip dengan *Clavularia*, perbedaannya hanya pada warna dari sklerit. Pada *Pachyclavularia* koloni dan skleritnya berwarna ungu. Polip retraktil, dapat ditarik masuk ke dalam kalyx, susunan polip lebih padat, muncul

dari stolon yang tersusun berlapis-lapis. Ditemukan mulai dari rata-rata terumbu sampai ke kedalaman 10 meter, melekat pada bekas atau patahan karang mati. Zonasi vertikal lunak terutama jenis atau genus yang sering dijumpai, umumnya tergantung pada profil tegak lurus dan kemiringan pantai atau dasar laut. Untuk mudahnya dibedakan atas rata-rata terumbu, lereng terumbu atas, lereng terumbu tengah dan lereng terumbu bawah.

m. Genus *Klyxum* (Alderslade, 2000)

Lembut, koloni lentur, tinggi, cabang lobate tercakup ke dalam polip. Beberapa spesies menghasilkan jumlah lendir yang berlebihan. Spesies genus ini monomorfik. Sklerit pada polip biasanya berbentuk batang seperti sisik atau rata. Batang terkadang lebih dalam ditemukan di dalam polip. Deskripsi dalam literatur tua mengacu pada spesies sebagai *Alcyonium* (Linnaeus, 1758), namun spesies *Alcyonium* yang benar tidak terdapat di daerah tropis Indo-Pasifik. Genus ini baru, dan baru dideskripsikan. Dalam perdagangan akuarium secara historis dikaitkan dengan genus *Cladiella*, namun publikasi baru sekarang menggunakan genus yang tepat.

n. Genus *Paralemnalia* (Kükenthal, 1913)

Cabang berbentuk digitata yang umumnya muncul dari dasar. Polip dapat ditarik, dan garis cabang memberi kesan berpenampilan seperti asparagus. Sklerit pada tangkai bagian interior sempit dengan bermacam-macam bentuk, tonjolan runcing di permukaan. Semua sklerit

Sistematika dan Taksonomi

tidak berwarna. Koloni monomorfik. Meskipun ada beberapa keragaman dalam bentuk koloni, aspek yang lebih membingungkan dari genus ini adalah spesies dengan polip ditarik dan tidak bisa ditarik. Pekerjaan lebih lanjut diperlukan untuk memilah-milah beberapa spesies yang sebenarnya yang dapat dibedakan dengan genus Lemnalia.

o. Genus Briareum (Blainville, 1830)

Genus ini adalah transisi dari Alcyoniina (karang lunak yang sebenarnya) dengan gorgonian dengan spesies menampilkan atribut dari kedua kelompok. Membran basal encrusting terdiri dari dua lapisan, lapisan korteks atau permukaan dan medula terletak di bawahnya. Kanal pada batas horisontal membagi dua lapisan. Kaliks muncul dari permukaan korteks dan mengandung polip yang dapat ditarik. Sklerit berwarna magenta di bagian medula dan putih atau magenta di bagian korteks. Warna sklerit tergantung dari variabel kepadatan dan distribusi di dalam koloni. Jenis-jenis sklerit spindle ditemukan dalam genus ini memiliki bentuk dan arsitektur permukaan yang unik. Spesies dari genus *Solenopodium* dan *Pachyclavularia* sekarang milik genus *Briareum*. Kedua genera awalnya didasarkan pada variasi morfologi yang keliru dan tidak berlaku lagi

8. Sistematika Octocorallia Menurut McFadden *et al.* (2006)

Menurut McFadden *et al.* (2006), sistematika Subkelas Octocorallia adalah sebagai berikut:

a. Ordo Alcyonacea

1) Kelompok Alcyoniina

Kelompok Alcyoniina adalah koloni-koloni dengan polip yang menyatu di dalam massa koenokim yang berdaging. Famili-familinya adalah:

- **Alcyoniidae Lamouroux, 1812**, terdiri dari 34 genera dan sekitar 430 spesies karang lunak berdaging atau bermembran dengan polip tidak teratur dalam kelompok-kelompok. Famili yang didefinisikan oleh tidak adanya karakter yang membedakan dengan famili lain yang termasuk dalam kelompok Alcyoniina, dan tidak mengherankan jika analisis filogenetik molekulernya menunjukkan bahwa Octocorallia ini bukan monofiletik.
- **Nephtheidae Gray, 1862**, terdiri dari 20 genera dan sekitar 500 spesies karang lunak yang ada (250 spesies dari genus *Dendronephthya*) yang membentuk koloni tegak lurus dan bercabang dengan tangkai yang berbeda, dan biasanya memiliki polip yang tersusun dalam kelompok sepanjang atau di ujung cabang. Beberapa genera memiliki bentuk pertumbuhan digitate atau lobate

Sistematika dan Taksonomi

yang serupa dengan yang ditemukan pada Famili Alcyoniidae. Famili ini tidak monofiletik.

- **Nidaliidae Gray, 1869**, terdiri dari tujuh genera dan sekitar 75 species yang tidak bercabang (bentuk pertumbuhan digitata atau capitate) atau bentuk pertumbuhan arborescent. Kononi-koloninya berkarakter kaku dan rapuh sehingga terdiri dari sklerit yang besar dan padat yang memanjang secara longitudinal pada jaringan yang tidak mengelilingi rongga-rongga polip. Famili ini kemungkinan tidak monofiletik.
- **Paralcyoniidae Bayer, 1981**, terdiri dari empat genera dan sekitar 10 species karang lunak yang termasuk polyparium yang retraktil ke dalam dasar seperti kapsul. Genera Paralcyonium, Studeriotes dan Ceeceenus kelihatannya membentuk sebuah kelompok monophyletic, tetapi genus keempat, yaitu Maasella adalah genus monospecific yang tidak pernah dimasukkan pada analisis filogenetik.
- **Xeniidae Wright & Studer, 1889**, terdiri dari 14 genera dan sekitar 130 species karang lunak yang tidak memiliki filament mesenteri pada semua spesies tetapi memiliki sepasang *asulcal* mesenteri dan memiliki sklerite yang secara khas berbentuk kecil, permukaannya halus berbentuk *platelets* atau *corpuscles*. Famili ini kelihatannya monofiletik, dengan pengecualian pada Genus Anthelia, yang

berbeda pada ultrastruktur sklerit dan tidak satu kelompok dengan genera *Xenia* lainnya pada beberapa analisis molekularnya.

2) Subordo *Calcaxonia*

Calcaxonia adalah gorgonian bersumbu gorgonin yang mengandung sejumlah besar sklerit yang tidak ber-calcite (sebagai internodes atau tertanam pada gorgonin) dan tanpa sebuah lubang, melintasi inti pusat yang berongga. Famili-familinya adalah:

- ***Chrysogorgiidae* Verrill, 1883**, terdiri dari 12 genera dan sekitar 90 species gorgonian yang dicirikan dengan bentuk cabang yang teratur, geometris dan sumbu yang ngat dekalsifikasi yang secara khas memperlihatkan sebuah kemilau metalik. Famili ini tidak memiliki subjek analisis filogenetik.
- ***Dendrobrachiidae* Brook, 1889**, terdiri dari tiga species in genus *Dendrobrachia* yang membingungkan, gorgonian dengan sebuah sumbu yang semuanya *proteinaceous*, memiliki punggung dan duri-duri yang mencolok, dan tidak memiliki lubang inti. Dasar ciri-ciri kerangka *Dendrobrachia* asalnya dari hexacorallia Ordo Antipatharia. Memiliki delapan tentakel berduri yang baru-baru ini terkonfirmasi dari pengumpulan materi-materi terbaru, dan kemudian genus ini dipindahkan ke Octocorallia. Hubungan filogenetik *Dendrobrachia* ke famili-famili Octocorallia lainnya tetap pada

posisi tidak menentu, meskipun beberapa ciri-ciri morfologinya mirip dengan Chrysogorgiidae.

- **Ellisellidae Gray, 1859**, terdiri dari 10 genera dan sekitar 100 species gorgonian dengan sumbu yang terklasifikasi secara kuat dan sklerit yang memiliki ciri-ciri yang berbentuk *dumbbells*, *clubs* atau *double-ended spindles* yang menghiasi ikatan dengan bonggol *hemi-spherical*. Sepuluh genera masuk ke dalam tiga kelompok. Secara morfologis adalah apomorphies dan analisis molekuler mendukungnya sebagai famili monophyly.
- **Ifalukellidae Bayer, 1955**, terdiri dari dua genera dan enam species gorgonian dengan sumbu yang sangat terklasifikasi dan sklerit yang seperti jarum dengan tekstur permukaan yang kasar, mirip bentuk sklerit *Xenia*. Sebuah analisis filogenetik molecular mitochondria gene menegaskan bahwa famili ini monophyletic
- **Isididae Lamouroux, 1812**, terdiri dari 38 genera dan sekitar 135 species gorgonian yang terbagi ke dalam empat subfamili. Famili dibedakan oleh segmentasi sumbu yang terdapat *node-node* bergorgonin yang saling berganti padat dan internode berkapur yang non-sklerit. Famili ini tidak memiliki subjek analisis filogenetik, tetapi identifikasi genom mitochondria ditetapkan sebagai synapomorphy untuk subfamili Keratoisidinae.

- **Primnoidae Gray, 1857**, terdiri dari 32 genera dan sekitar 210 species gorgonian dengan sumbu yang sangat terklasifikasi dan polip non-retraktil yang berperisai kuat dengan sisik berkapur. Famili ini tidak memiliki analisis filogenetik.

3) Subordo Holaxonia

Subordo Holaxonia adalah gorgonians dengan sumbu yang terutama terdiri dari gorgonin, seringkali dijumpai sejumlah kecil sklerit non-kalsit yang tertanam pada gorgonin, dan dengan sebuah lubang yang melewati inti bagian tengah yang berongga. Famili-Familinya adalah:

- **Acanthogorgiidae Gray, 1859** terdiri dari enam genera dan sekitar 110 spesies gorgonia dengan polip yang mencolok dan tidak retraktil serta sumbu gorgonin yang mengelilingi inti tengah yang berombak dan berongga. Famili ini tidak monofiletik, dan beberapa genera (*Acanthogorgia*, *Anthogorgia*) tampaknya bersifat paraphyletic dengan *Plexauridae*.
- **Gorgoniidae Lamouroux, 1812**, terdiri dari 17 genera dan sekitar 260 spesies gorgonia dengan polip retraktil dan sumbu gorgonin yang mengelilingi inti pusat berantai yang sempit dan berongga. Beberapa analisis filogenetik molekuler menunjukkan bahwa famili ini tidak monofiletik.

Sistematika dan Taksonomi

- **Keroeidae Kinoshita, 1910**, terdiri dari lima genera dan sekitar 13 spesies gorgonia dengan sumbu sklerit yang sebagian menyatu mengelilingi inti pusat berongga dan berlubang. Famili ini belum menjadi subjek analisis filogenetik.
- **Plexauridae Gray, 1859**, terdiri dari sekitar 38 genera dan 365 spesies gorgonia dibagi di antara dua sub-famili (Plexaurinae, Stenogorgiinae (= Paramuriceinae) yang telah diketahui sebagai famili yang terpisah oleh beberapa penulis. Famili ini dibedakan oleh sumbu dengan inti pusat berongga yang lebar dan rongga tersebut dikelilingi oleh gorgonin dengan lokus yang sering mengandung kalsit non-skleritik, polip retraktil. Plexauridae tidak monofiletik. beberapa studi filogenetik molekuler telah menguatkan pemisahan kedua subkelompok tersebut dan mengidentifikasi beberapa *clade* berbeda antara satu dengan lainnya yang bersifat paraphyletic yang berkaitan dengan Acanthogorgiidae dan Gorgoniidae.

4) Kelompok Protoalcyonaria

Kelompok Protoalcyonaria adalah memiliki polip yang soliter, famili-familinya adalah:

- **Haimeidae Wright, 1865**, terdiri dari empat genera monospesifik yang memiliki polip yang soliter. Validitas genera dan famili ini patut dipertanyakan. Famili ini pernah dihilangkan, namun dimasukkan

kembali setelah ditemukannya *Taiaroa* yang berpolip soliter.

- **Taiaroidae Bayer & Muzik, 1976** adalah famili monospecific yang terdiri dari spesies *Taiaroa tauhou*. Spesies ini terdiri dari polip soliter, bentuk pertumbuhan yang membedakannya dari semua Octocorallia lainnya. Posisi filogenetiknya dalam Octocorallia tetap belum terselesaikan.

5) Kelompok Scleraxonia

Kelompok Scleraxonia adalah koloni-koloni dengan sumbu atau lapisan sumbu internalnya terutama terdiri dari sklerite yang mungkin tidak menyatu atau menyatu dengan kalsit. Famili-familinya adalah:

- **Anthothelidae Broch, 1916** terdiri dari sekitar 13 genera dan 55 spesies, sering dibagi ke dalam tiga subfamili. Famili ini dibedakan oleh medula (lapisan dalam jaringan) yang mengandung sklerit yang tidak menyatu dan terpisah dari korteks (lapisan jaringan luar yang menampung polip) oleh saluran-saluran berdinding yang longitudinal. Inklusi beberapa genera anthothelid dalam analisis filogenetik molekuler Octocorallia menunjukkan bahwa famili ini tidak monofiletik.
- **Briareidae Gray, 1859**, terdiri dari dua atau tiga genera dan sekitar 10 spesies di mana medulla mengandung sklerit yang menyatu dan tidak dipisahkan dari korteks (cincin saluran yang

Sistematika dan Taksonomi

berdinding). Famili ini belum menjadi subjek analisis filogenetik.

- **Coralliidae Lamouroux, 1812**, terdiri dari tiga genera, dan sekitar 30 spesies gorgonia dengan polip dimorfisme dan sumbu yang terdiri dari sklerit yang disatukan dengan kuat oleh kalsit. Famili ini belum menjadi subjek analisis filogenetik.
- **Melithaeidae Gray, 1870**, terdiri dari sekitar enam genera dan 105 spesies gorgonia dengan medula aksial yang terdiri dari nodus fleksibel (sklerit bebas yang tertanam pada gorgonin) bergantian dengan ruas kaku (sklerit yang menyatu dengan kalsit). Lima genera dari Subfamili Melithaeinae satu sama lainnya secara morfologis memiliki kesamaan, dan akibatnya telah menjadi satu sampai tiga genera oleh beberapa penulis. Famili ini belum menjadi subjek analisis filogenetik.
- **Paragorgiidae Kükenthal, 1916**, terdiri dari dua genera dan 17 spesies gorgonian dengan polip dimorfisme dan sebuah sumbu medulla dibentuk oleh sklerit yang tidak menyatu. Sebuah analisis *cladistic* baru-baru ini menunjukkan bahwa famili ini bersifat monofiletik.
- **Parisididae Aurivillius, 1931**, adalah famili monogenerik dari sekitar lima spesies gorgonia yang memiliki sumbu node fleksibel (sklerites tertanam ke dalam gorgonin) bergantian dengan

ruas kaku yang dibentuk oleh sklerit *tuberculate* yang menyatu dengan kalsit. Konstruksi sumbu mirip dengan Melithaeidae, namun bentuk sklerit pada *node* dan *internode* berbeda. Famili ini belum memiliki subjek analisis filogenetik.

- **Subergorgiidae Gray, 1859**, terdiri dari tiga genera dan sekitar enam spesies gorgonia dengan medula aksial dari sklerit yang sebagian menyatu yang terpisah dari korteks dengan cincin saluran berinding yang longitudinal. Famili ini belum menjadi subjek analisis filogenetik.

6) Group Stolonifera

Kelompok Stolonifera adalah koloni-koloni yang memiliki stolons (batang) yang bisa menyatu untuk membentuk pita atau selaput tipis. Famili-familinya adalah:

- **Acrossotidae Bourne, 1914**, adalah famili monogenerik yang terdiri dari satu atau dua spesies pada genus *Acrossota*. Famili ini dibedakan dengan tidak adanya pinnules lengkap pada tentakel, sebuah sifat yang mungkin dimiliki oleh beberapa spesies pada famili lain. *Acrossota* tidak pernah disertakan dalam analisis filogenetik.
- **Clavulariidae Hickson, 1894**, terdiri dari sekitar 24 genera dan 60 spesies, sering dibagi ke dalam empat subfamili. Spesies dalam famili ini hanya memiliki bentuk pertumbuhan koloni yang

Sistematika dan Taksonomi

seragam, yaitu terdiri dari polip yang dihubungkan oleh stolon atau membran tipis. Meskipun Clavariidae belum menjadi subjek analisis filogenetik, beberapa genera telah dimasukkan dalam analisis yang lebih luas dari subkelas Octocorallia. Hal ini menunjukkan bahwa famili ini tidak monofiletik.

- **Coelogorgiidae Bourne, 1900** adalah famili monospecific yang terdiri dari spesies *Coelogorgia palmosa*. Spesies ini membentuk koloni di mana sebuah polip aksial memanjang, tunas polip aksial betina yang pada gilirannya menghasilkan polip lateral pendek. Beberapa analisis filogenetik molekuler mendukung hubungan kekerabatan antara spesies dan Famili Xenidiidae.
- **Cornulariidae Dana, 1846** adalah famili monogenerik yang terdiri dari sekitar empat spesies pada Genus *Cornularia*. Famili ini dibedakan dengan adanya selubung luar ber-kitin yang membentuk cangkir seperti dinding di sekitar polip. *Cornularia* belum pernah dimasukkan dalam analisis filogenetik.
- **Pseudogorgiidae Utinomi & Harada, 1973** adalah famili monospecific yang terdiri dari spesies *Pseudogorgia godeffroyi*. Spesies ini memiliki polip aksial tunggal yang sangat panjang, dan berdiferensiasi menjadi koloni seperti pisau,

dengan polip lateral pendek yang tertanam di dinding koenokim yang tebal. Spesies ini kurang dikenal dan tidak pernah dimasukkan dalam analisis filogenetik.

- **Tubiporidae Ehrenberg, 1828** adalah famili monogenerik di mana polip ditempatkan di tabung berkapur vertikal yang terhubung satu sama lain oleh *platform* horizontal dan *stolonis*. *Tubipora musica* adalah spesies yang terkenal, namun keabsahan beberapa spesies lainnya tidak pasti. Analisis filogenetik molekuler berdasarkan gen mitokondria menunjukkan adanya hubungan yang erat antara Tubipora dengan beberapa Genera Clavulariidae.

b. Ordo Helioporacea

Ordo Helioporacea Bock, 1938 hanya terdiri dari dua famili monogenerik yang unik di antara Octocorallia dalam memproduksi kerangka kalsifikasi aragonit kristal. Karang biru yang terkenal, *Heliopora coerulea*, terdistribusikan secara luas di seluruh Indo-Pasifik dimana merupakan anggota umum pada komunitas terumbu karang perairan dangkal. Genus misterius *Epiphaxum* diketahui dari beberapa lokasi terdapat pada kedalaman 50-400 m. Hubungan filogenetik kedua famili ini satu sama lainnya tetap tidak pasti. Famili-Familinya adalah:

Sistematika dan Taksonomi

- **Helioporidae Moseley, 1876** adalah famili monospecific yang terdiri dari spesies *Heliopora coerulea*, satu-satunya Octocorallia yang diketahui menghasilkan kerangka aragonit yang serupa dengan Scleractinia. Polip ditempatkan di dalam tabung silindris dalam kerangka, dan saling berhubungan melalui solenia; Lapisan tipis jaringan yang mengandung solenia juga menutupi permukaan luar kerangka.
- **Lithotelestidae Bayer & Muzik, 1977** Diwakili oleh tiga spesies fosil Epiphaxum satu spesies yang masih ada. Famili ini memiliki bentuk pertumbuhan *stoloniferous* di mana *stolon* dan kaliks polyp menjadi terkalsifikasi dengan aragonite non-skleritik.

c. Ordo Pennatulacea

Pena laut, Ordo Pennatulacea Verrill, 1865, bisa dibidang kelompok Octocorallia yang bentuknya paling khas, dan mencapai tingkat tertinggi integrasi koloni antara Anthozoa. Koloni berkembang dari sebuah polip aksial (oozoid) yang berdiferensiasi menjadi *peduncle* bulat yang digunakan sebagai jangkar koloni pada substrat lunak, dan *rachis* pada bagian distal yang mengandung polip sekunder. Koloni ini biasanya didukung oleh sumbu internal mirip batang yang berupa kalsit non-skleritik, yang sama dengan struktur kristal dengan gorgonian Ellisellid. Polip sekunder pena laut biasanya

dimorfisme, terdiri dari autozooids dan siphonozoid yang rapat. Famili-familinya adalah:

- **Anthoptilidae Kölliker, 1880** adalah famili monogenerik yang terdiri dari setidaknya dua spesies yang memanjang, koloni-koloni seperti cambuk dengan polip-polip yang tersusun secara *biserial*, tidak retraktil dan tidak memiliki kaliks.
- **Chunellidae Kükenthal, 1902** terdiri dari tiga genera dan sekitar empat spesies yang memiliki polip tersusun sepanjang tangkai yang berpasangan atau tiga kelompok, dipisahkan satu sama lain oleh *rachis* yang gundul.
- **Echinoptilidae Hubrecht, 1885** terdiri dari dua genera dan tujuh spesies yang digambarkan sebagai koloni simetris radial dengan yang tidak retraktil dan kaliks *bifurcated*.
- **Funiculinidae Gray, 1870** adalah famili monogenerik yang terdiri dari setidaknya tiga spesies yang koloninya seperti cambuk dengan polip yang tersusun secara biserial di sepanjang *rachis* dan retraktil ke dalam ruang berbentuk tabung dan kaliks bergigi delapan.
- **Halipteridae Williams, 1995** adalah famili monogenerik yang terdiri dari sekurang-kurangnya enam spesies koloni yang memanjang, koloninya seperti cambuk dengan polip autozoid yang tersusun berbaris miring secara longitudinal.

Sistematika dan Taksonomi

- **Kophobelemnidae Gray, 1860** terdiri dari tiga genera dan sekitar 18 spesies dengan polip yang tersusun secara biserial atau di sepanjang tiga sisi *rachis*.
- **Pennatulidae Ehrenberg, 1834** terdiri dari enam genera dan sekitar 50 spesies. Kadang-kadang dipisahkan menjadi Pennatulidae (2 genera) dan Pteroeididae Kölliker 1870 (empat genera). Koloni berbentuk bilateral simetris dengan autozooids teratur sepanjang pinggiran *leaves* yang pada akhirnya teratur secara lateral di sekitar *rachis*.
- **Protoptilidae Kölliker, 1872** terdiri dari dua genera dan sekitar tujuh spesies yang koloninya berbentuk simetris bilateral dengan polip retraktil yang tersusun dalam satu sampai tiga seri secara longitudinal sepanjang *rachis*.
- **Renillidae Gray, 1870** adalah famili monogenerik yang terdiri dari setidaknya empat spesies yang berbeda dari pena laut lainnya dengan bentuk pertumbuhan koloninya seperti dedaunan unik.
- **Scleroptilidae Jungersen, 1904** adalah famili monogenerik yang terdiri dari satu spesies yang valid dan beberapa spesies yang tidak pasti statusnya. Polip tersusun sepanjang tangkai secara berpasangan atau tiga kelompok, terpisah satu sama lain oleh *rachis* yang gundul. Famili ini dibedakan dari Chunellidae dengan adanya sklerit berbentuk batang atau kumparan pada *rachis*.

- **Stachyptilidae Kölliker, 1880** terdiri dari dua genera dan empat spesies. Koloninya berbentuk simetris bilateral dengan autozooids yang tersusun secara biserial di sepanjang *rachis* dalam baris yang miring.
- **Umbellulidae Kölliker, 1880** adalah famili monogenerik yang terdiri dari setidaknya sembilan spesies pena laut yang valid dengan tangkai yang panjang dan ramping dan satu kumpulan autozooids terpusat.
- **Veretillidae Herklots, 1858** terdiri dari lima genera dan sekitar 35 spesies yang dibedakan dengan simetri radial koloni dan autozooids retraktif tanpa kaliks.
- **Virgulariidae Verrill, 1868** terdiri dari lima genera dan sekitar 40 spesies. Koloni secara bilateral simetris dengan autozooids tersebar sepanjang pinggiran *leaves* yang pada akhirnya teratur secara lateral di sekitar *rachis*.

9. Sistematika Octocorallia Menurut Crowther (2011)

Octocorallia menurut Crowther (2011) terdiri dari 3 ordo, yaitu Ordo Alcyonacea Lamouroux, 1816, Ordo Helioporacea Bock, 1938, dan Ordo Pennatulacea Verrill, 1865. Subordo-subordo/section-section dari Ordo Alcyonacea, yaitu: Section Protoalcyonaria, Section Alcyoniina, Subordo Calcaxonia, Subordo Holaxonia, Subordo Scleraxonia dan Section Stolonifera; sedangkan Ordo Helioporacea dan Ordo Pennatulacea tidak memiliki subordo atau section. Sistematika

Sistematika dan Taksonomi

lengkap Octocorallia menurut Crowther (2011) diuraikan di bawah ini:

Ordo Alcyonacea Lamouroux, 1816 (31 famili)

Section Protoalcyonaria (2 famili)

Famili Haimeidae Wright, 1865 (2 genera, 2 species) Famili

Taiaroidae Bayer & Muzik, 1976 (1 genus, 1 species)

Genus Taiaroa

Spesies *Taiaroa tauhou* (Gambar 44)



Gambar 44. *Taiaroa tauhou* dengan Polip Tunggal dan Habitatnya pada Substrat yang Lunak (Anonim, 2019)

Section Alcyoniina (5 famili)

Famili Alcyoniidae Lamouroux, 1812 (36 genera, 465 species)

Famili Nephtheidae Gray, 1862 (20 genera, ~500 species)

Famili Nidaliidae Gray, 1869 (8 genera, 89 species) Famili Paralcyniidae Gray, 1869 (5 genera, 13 species) Famili Xeniiidae Ehrenberg, 1828 (16 genera, 137 species)

Subordo Calcaxonia Grasshoff, 1999 (6 famili)

Famili Chrysogorgiidae Verrill, 1883 (14 genera, 92 species)
 Famili Dendrobrachiidae Brook, 1889 (1 genus, 3 species)
 Famili Ellisellidae Gray, 1859 (10 genera, ~100 species) Famili Ifalukellidae Bayer, 1955 (2 genera, 6 species) Famili Isididae Lamouroux, 1812 (38 genera, 135 species)
 Famili Primnoidae Milne Edwards, 1857 (37 genera, 210 species)

Subordo Holaxonia (5 famili)

Famili Acanthoaxiidae van Ofwegen & McFadden, 2010 (1 genus, 1 species)
 Famili Acanthogorgiidae Gray, 1859 (5 genera, 110 species)
 Famili Gorgoniidae Lamouroux, 1812 (15 genera, 260 species)
 Famili Keroeididae Kinoshita, 1910 (5 genera, 13 species)
 Famili Plexauridae Gray, 1859 (42 genera, 370 species)

Subordo Scleraxonia Studer, 1887 (7 famili)

Famili Anthothelidae Broch, 1916 (14 genera, 55 species)
 Famili Briareidae Gray, 1859 (2 genera, 10 species) Famili Coralliidae Lamouroux, 1812 (3 genera, 30 species)
 Famili Melithaeidae Gray, 1870 (6 genera, 104 species) Famili Paragorgiidae Kukenthal, 1916 (2 genera, 17 species)
 Famili Parisididae Aurivillius, 1931 (1 genus, 5 species) Famili Subergorgiidae Gray, 1859 (3 genera, 6 species)

Sistematika dan Taksonomi

Section Stolonifera Thomson & Simpson, 1909 (6 famili)

Famili Acrossotidae Bourne, 1914 (1 genus, 1 species)

Famili Clavulariidae Hickson, 1894 (21 genera, 60 species)

Famili Coelogorgiidae Bourne, 1900 (1 genus, 1 species)

Famili Cornulariidae Dana, 1846 (1 genus, 4 species)

Famili Pseudogorgiidae Utinomi & Harada, 1973 (1 genus, 1 species)

Famili Tubiporidae Ehrenberg, 1828 (1 genus, 1 (or more) species)

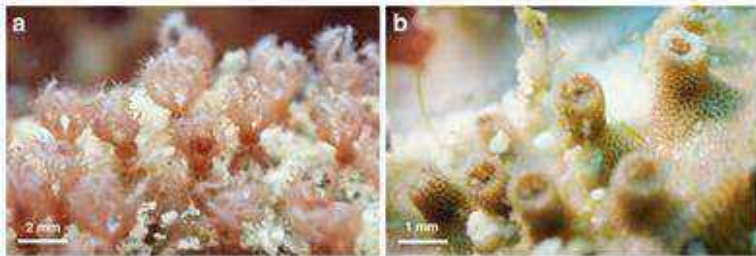
Ordo Helioporacea Bock, 1938 (2 famili)

Famili Helioporidae Moseley, 1876 (1 genus, 1 species)

Famili Lithotelestidae Bayer & Muzik, 1977 (1 genus, 4 species)

Genus *Nanipora*

Spesies *Nanipora cf. kamurai* (Gambar 45).



Gambar 45. a. Koloni *Nanipora cf. kamurai* dengan Polip Berpinnules, dan b Kerangka dan Kaliks dengan Polip yang Tertarik (Plaza *et al.*, 2017)

Ordo Pennatulacea Verrill, 1865 (14 famili)

- Famili Anthoptilidae Kölliker, 1880 (1 genus, 2 species) Famili
 Chunellidae Kükenthal, 1902 (2 genera, 4 species)
 Famili Echinoptilidae Hubrecht, 1885 (2 genera, 7 species)
 Famili Funiculinidae Gray, 1870 (1 genus, 3 species) Famili
 Halipteridae Williams, 1995 (1 genus, 6 species) Famili
 Kophobelemnidae Gray, 1860 (3 genera, 18 species)
 Famili Pennatulidae Ehrenberg, 1834 (6 genera, 50 species)
 Famili Protoptilidae Kölliker, 1872 (2 genera, 7 species) Famili
 Renillidae Gray, 1870 (1 genus, 4 species) Famili
 Scleroptilidae Jungersen, 1904 (2 genera, 4 species) Famili
 Stachyptilidae Kölliker, 1880 (2 genera, 4 species) Famili
 Umbellulidae Kölliker, 1880 (1 genus, 9 species) Famili
 Veretillidae Herklots, 1858 (5 genera, 35 species) Famili
 Virgulariidae Verrill, 1868 (5 genera, 40 species)

10. Kunci Determinasi Ordo dan Famili Utama pada Octocorallia Menurut Wing dan Barenard (2004)

- 1a. Polip melekat pada matrix berkapur yang keras dan kaku:
Stony Corals 2
- 1b. Polip melekat pada matrix berdaging yang lembut. Keras
 tetapi rangka lentur mungkin berada pada coenenchyme
 yang penuh daging: **Soft Corals** **Octocorals 3**
- 1c. Polip melekat pada matrix yang lembut, selalu berair di
 atas kerangka tanduk yang berwarna hitam dan lentur:
Black Corals **Antipatharia**
- 2a. Polip besar (diameter 5-30 mm), soliter atau pada
 kelompok kecil: **Cup Corals** **Scleractinia**

Sistematika dan Taksonomi

- 2b. Polip kecil (diameter <5mm), sejumlah polip pada koloni:
Hydrocorals **Stylateridae**
- 3a. Tidak ada kerangka keras di bawah matrix berdaging 4
- 3b. Polip melekat pada matrix tertutup, kerangka bercabang banyak dan terklasifikasi 5
- 3c. Kerangka adalah sebuah batang tunggal yang kaku, koloni tertanam pada substrat lembut oleh penduncle berdaging: **Sea Pens (pena laut) dan Sea Whips**
Pennatulacea
- 4a. Polip muncul dari matrix lembut yang menjalar: **Stolon Corals** **Clavuridae**
- 4b. Polip tidak muncul dari **dasar matrix yang menjalar**
Alcyoniidae
- 5a. Kerangka tersusun dari perselang-selingan segmen calcareous (putih) dan tanduk (hitam): **Bamboo Corals**
Isididae
- 5b. Kerangka tidak bersegmen 6
- 6a. Kerangka seperti material tulang yang porous, tertutup jaringan berdaging, tebal, polip dapat ditarik selalu atau sepenuhnya di dalam bagian berdaging **Paragorgiidae**
- 6b. Kerangka non-porous, material tanduk yang dapat menembus kalsium karbonat 7
- 7a. Pada keadaan kering, tubuhnya tertanam dengan halus sklerit kecil yang tidak kelihatan **Plexauridae**
- 7b. Pada keadaan kering, tubuhnya mengandung sejumlah besar sklerit yang berbentuk plat **Primnoidea**

11. Kunci Determinasi Genera dan Species pada Octocorallia Menurut Wing dan Barenard (2004)

a. Soft Corals-Octocorals (Anthozoa)

- 3a. Tidak ada kerangka keras di bawah matrix berdaging..4
- 3b. Polip tertanam pada matrix tertutup, kerangka bercabang banyak dan terklasifikasi6
- 3c. Kerangka adalah sebuah batang tunggal yang kaku, koloni tertanam pada substrat lembut oleh penduncle berdaging: **Pennatulacea** 15
- 4a. Polip muncul dari dasar lembut yang menjalar:
Clavuriidae *Clavularia* spp
- 4b. Polip tidak muncul dari dasar yang menjalar5
- 5a. Polip rapat, massa berdaging tidak beraturan bentuknya: **Alcyoniidae** *Gersemia* spp
- 6a. Polip tertanam pada dasar yang seperti jamur:
Alcyoniidae *Anthomastius* spp
- 6b. Kerangka tidak bersegmen8
- 7a. Kerangka bercabang dari internodes berkapur (putih)
..... *Keratoisis* spp
- 7b. Kerangka bercabang dari nodes tanduk (hitam)
..... *Isidella* spp
- 7c. Kerangka tidak bercabang *Lepidisis* spp
- 8a. Kerangka seperti material tulang yang porous, tertutup jaringan berdaging, tebal, polip dapat ditarik selalu atau sepenuhnya di dalam bagian berdaging:
Paragorgiidae *Paragorgia* spp
- 8b. Kerangka non-porous, material tanduk yang dapat menembus kalsium karbonat9

Sistematika dan Taksonomi

- 9a. Polip kontraktile ke dalam ruang yang terproyeksi:
Acanthogorgiidae..... *Calciogorgia* spp
- 9b. Polip retraktile ke dalam ruang dangkal yang tertutup
tebal: **Keroeidiidae** 10
- 9c. Polip tidak kontraktile 11
- 10a. Polip merah..... *Ideogorgia* sp
- 10b. polip krem, kuning, abu-abu, atau cokelat
..... *Alaskagorgia* sp
- 11a. Pada keadaan kering, tubuhnya tertanam sklerit kecil
(tidak kelihatan): **Plexauridae**.....
Euxplexaura, *Muriceides*, *Paramuricea* dan *Swiftia* sp.
- 11b. Pada keadaan kering, tubuhnya mengandung
sejumlah besar sklerit yang berbentuk plat:
Primnoidea 12
- 12a. Primnoidae polip kecil (<3mm), koloni lebat atau
menyirip, kerangka tidak terklasifikasi: **Primnoidae**
kelompok I
Amphilapsis, *Parastenella*, *Plumarella*, dan *Thouarella*
spp
- 12b. Primnoidae dengan polip menengah sampai besar
(>3mm), koloni sering besar, cabang dichotomous .13
- 13a. Primnoidae polip besar, sering sangat besar, dasar
rangka terklasifikasi *Primnoa* spp
- 13b. Primnoidae dengan polip yang teratur dalam
lingkaran ulir yang berbeda, kerangka tidak
terklasifikasi 14

- 14a. Primnoidae dengan polip menengah pada paket lingkaran ulir yang rapat, tidak ada batas pada polip, kelihatan seperti lilin *Fanellia* spp
- 14b. Primnoidae dengan polip besar, ulirnya bisa berupa paket teratur atau tidak pada polip ... *Artrorgorgia* spp

b. Sea Pens dan Sea Whips-Pennatulacea

- 15a. Polip pada kelompok tunggal di bagian akhir rachis yang panjang (stalk)..... *Umbellula* spp
- 15b. Polip memanjang sepanjang sisi rachis 16
- 16a. Polip memanjang satu per satu atau pada baris-baris sepanjang rachis..... 17
- 16b. Polip di leaves pada rachis 18
- 17a. Polip pada calices (kaliks) berspikula.. *Protoptilum* spp
- 17b. Polip di luar calices berspikula *Anthoptilum* spp
- 18a. Rachis dan leaves berdaging, polip relative besar pada rachis, biasanya pucat sampai orange untuk yang hidup *Ptilosarcus* spp
- 18b. Rachis tidak spesifik berdaging, polip pada leaves tidak spesifik besar pada rachis, warna bervariasi putih, orange, atau coklat tua 19
- 19a. Polip kurang berkembang, polip calyces (kaliks) padat berspikula..... *Halipterus* spp
- 19b. Polip leaves berkembang baik..... 20
- 20a. Rachis tanpa perpanjangan spikula *Virgularia* spp
- 20b. Rachis kasar dengan spikula terproyeksi *Stylatu* spp

BAB III

MORFOLOGI DAN ANATOMI

1. Istilah-Istilah dalam Morfologi dan Anatomi

Octocorallia terbagi menjadi tiga ordo sistematik, yaitu Helioporacea (karang biru), Alcyonacea (karang lunak dan kipas laut), dan Pennatulacea (pena laut). Ordo Alcyonacea terbagi menjadi lima subordo, yaitu Protoalcyonaria, Alcyoniina, Scleraxonia, Holaxonia, dan Calcaxonia. Subordo-subordo ini dibatasi oleh kandungan struktur aksialnya. Subordo Protoalcyonaria dan Alcyoniina tidak memiliki kerangka aksial; subordo Scleraxonia memiliki sumbu dengan sklerit aksial bebas; Subordo Holaxonia memiliki sumbu padat tanpa sklerit aksial bebas dengan bilik berlubang berongga dan berinti pusat; dan Subordo Calcaxonia memiliki sumbu padat tanpa sklerit aksial bebas dan tanpa inti pusat (Nonaka *et al.*, 2012).

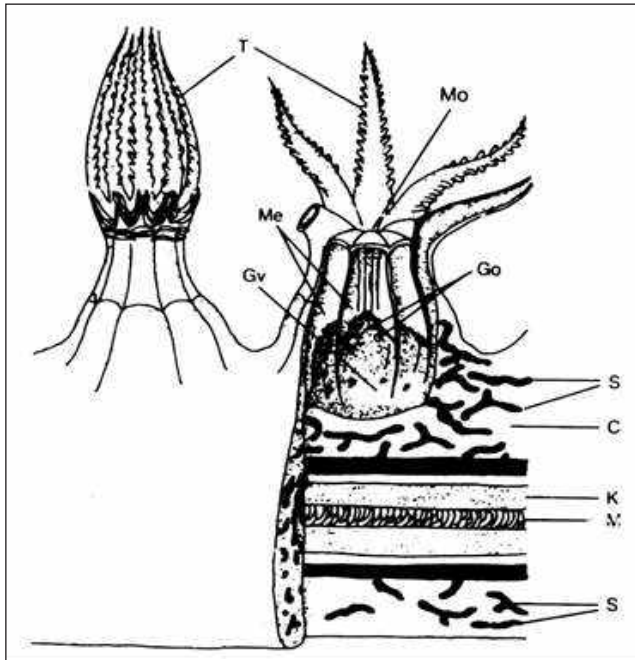
Selain itu, sebelum mengenal Octocorallia atau karang lunak lebih lanjut, perlu diketahui beberapa istilah yang sering digunakan dalam pembagian bentuk-bentuk tubuh secara morfologis, sehingga dapat terlihat perbedaan antara genus atau jenis yang satu dengan lainnya, sebagai berikut: **polip** adalah individu atau binatang karang, kumpulan dari beberapa individu membentuk koloni karang; **polip retraktil** adalah polip bersama dengan tentakel dapat dilipat atau dikuncupkan, lawannya ialah polip non-retraktil; **antokodia** adalah bagian atas

polip tempat melekatnya tentakel, dapat melipat ke dalam rongga antostela; **antostela** adalah bagian bawah atau pangkal tentakel, berongga, ber dinding keras karena mengandung spikula, sering juga disebut kaliks; **autozoid** adalah polip dengan delapan tentakel dan delapan septa yang berkembang baik; **siphonozoid** adalah polip tanpa tentakel, atau tentakel dan septa yang tereduksi, umumnya lebih kecil dari autosoid, dan bersifat steril; **kapitulum** adalah bagian atas koloni lanjutan dari tangkai, pada yang tidak bertangkai melekat langsung pada substrat dasar (*encrusting*), kapitulum dapat memiliki polip dimorfik yaitu memiliki autozoid dan Siphonozoid, atau juga hanya memiliki autozoid saja (monomorfik); **lobus** adalah kapitulum yang berbentuk bulatan-bulatan, atau jari. stolon: bagian basal polip berbentuk kanal, pada kanal ini polip lain muncul; **spikula** adalah duri-duri kecil di dalam jaringan, berfungsi sebagai penyokong tubuh polip maupun koloni; "supporting bundle" adalah deretan spikula yang tersusun membentuk penyokong polip di bawah antokodia, pada anggota Nephtheidae; **tangkai** adalah bagian koloni yang melekat kuat ke substrat dasar, mengandung spikula; **tentakel** adalah bagian dari polip di atas antokodia berbentuk seperti lengan-lengan, berjumlah delapan dengan deretan duri (pinnula) di sepanjang sisi luar. Tentakel selalu bergerak untuk mengalirkan air beserta zat makanan ke dalam rongga mulut (Manuputty, 2002).

2. Morfologi dan Anatomi Alcyonacea

Pada prinsipnya yang termasuk dalam kelompok karang lunak Alcyonacea ialah anggota Octocorallia yang memiliki tekstur tubuh yang lunak, disokong oleh spikula yang terdapat di dalam jaringan tubuhnya, memiliki mulut yang membentuk farinx yang berupa saluran, rongga gastrovascular (perut yang berupa pembuluh), serta delapan tentakel (Gambar 46 dan 47), dilanjutkan dengan delapan septa (sekat) yang tidak berupa kapur yang kadang-kadang disebut mesenteri. Polip ada yang dapat ditarik atau dikuncupkan, terjulur, dan hal ini merupakan ciri morfologi yang dimiliki, yang dapat membedakan antara genus atau jenis yang satu dengan yang lainnya. Perbedaan yang lain adalah secara anatomis, yaitu pada kandungan spikula yang merupakan penyokong dan pembentuk tekstur tubuh (Bayer, 1956; Manuputty, 1996a; Fossa dan Nilsen, 1998). Salah satu spesies karang lunak yang dapat ditarik dan dikuncupkan/dijulurkan polipnya adalah *Acrossota amboinensis* (Alderslade dan Mcfadden, 2007)

Pada umumnya Ordo Alcyonacea ditemukan polip-polip dimorfisme (dua bentuk) yang mempunyai tipe dan fungsi yang berbeda. Tipe pertama adalah autozoid, yaitu polip ini polip dengan delapan septa dan delapan tentakel yang berkembang dengan baik dan bersifat fertil. Polip ini berfungsi untuk mencerna makanan, berkembang secara vegetatif

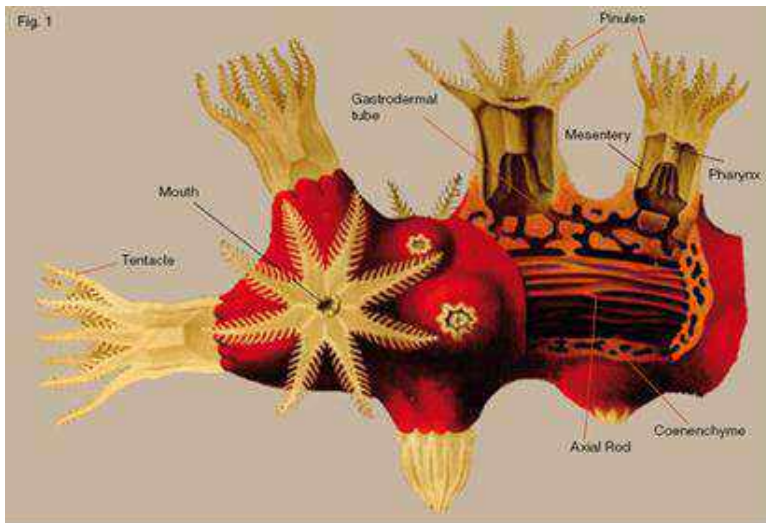


Gambar 46. Morfologi dan anatomi Octocorallia. Keterangan:
T = Tentakel; Mo = Mulut; Me = Mesenteris; Gv = Rongga Gastrovascular; Go = Gonad; S = Solenia; C = Koenenkim; K = Cortex; M = Medulla
(Bayer, 1956)

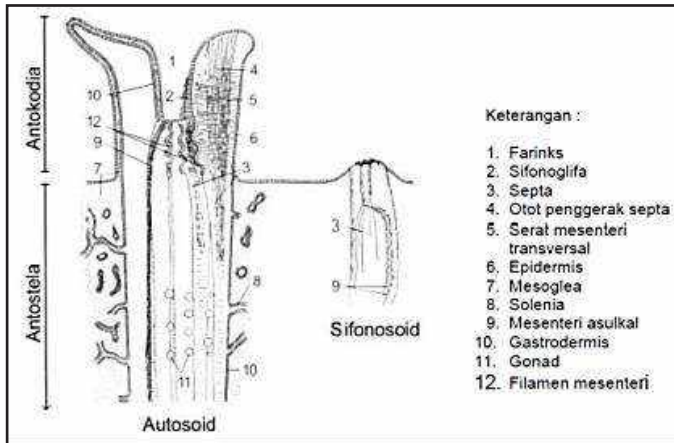
di samping polip induknya, mempunyai mulut dan tentakel yang panjangnya normal. Polip lainnya yaitu siphonozoid, tanpa tentakel atau tentakel dan septanya tereduksi, lebih kecil dari autozoid dan bersifat steril (Gambar 48, 49, dan 50). Polip ini tidak dapat menangkap atau mencerna makanan. Polip ini

Morfologi dan Anatomi

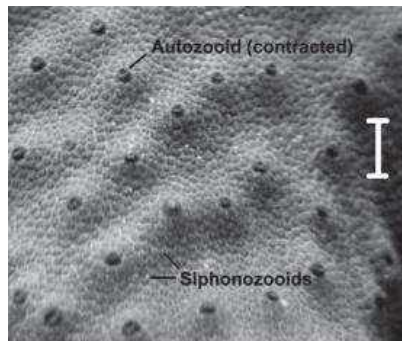
memperlihatkan dinding yang dibangun pada bidang-bidang yang bersilia, berperan mengalirkan air pada sistem pipa internal ke dalam dan keluar koloni dan menyediakan oksigen untuk jaringan. Fungsi lain dari polip ini adalah berperan dalam proses reproduktif, yaitu menghasilkan gamet. Polip-polip ini juga sebagian bergerak untuk berekspansi dan berkonstraksi, sebuah proses yang dapat dilihat pada beberapa koloni (Grzimek, 1974; Kozloff, 1990; Ruppert dan Barnes, 1994; Manuputty, 1996a; Fossa dan Nilsen, 1998



Gambar 47. Morfologi dan Anatomi Polip dan Koloni Octocorallia (van Ofwagen, L; Odalisca Breedy; dan Stephen Cairns)



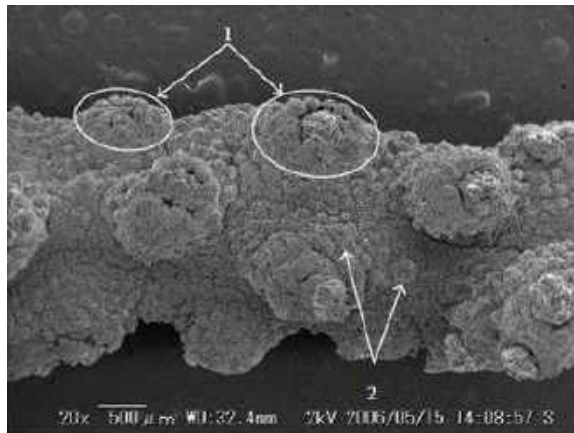
Gambar 48 Penampang Vertikal Autozooid dan Siphonozoid (Fabricius dan Alderslade, 2001)



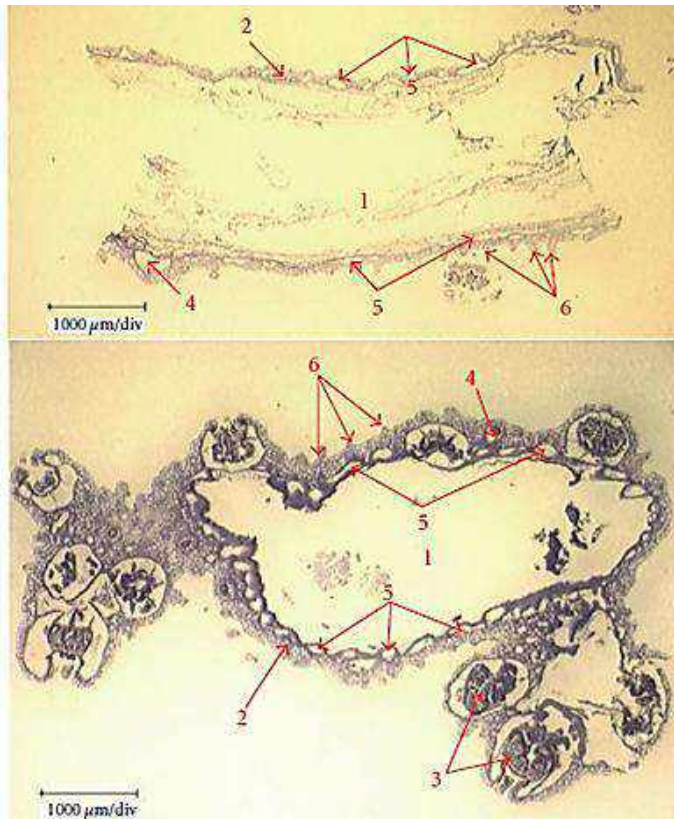
Gambar 49. Distribusi Polip Autzooid dan Siphonozoid pada Sarcophyton dan Lobophytum (Janes, 2008)

Morfologi dan Anatomi

Contoh yang baik untuk menggambarkan morfologi dan anatomi Ordo Alcyonacea secara histologi adalah *Paracorallium japonicum*. Spesimen spesies ini memiliki permukaan koenenkim yang kasar (Gambar 50), ketebalan rata-rata 0.15 mm (\pm 0,04 SD, n = 29), tapi koenenkim agak lebih tebal di ujung ranting. Terdapat banyak kutil pada permukaan koenenkim, dengan tinggi kutil rata-rata 0.12 mm (\pm 0,024 SD, n = 14). Banyak cekungan kecil pada koenekim (Gambar 51), dengan diameter rata-rata 0,041 mm. Terdapat juga beberapa bukaan mesogloea di coenenchyme (Gambar 50)



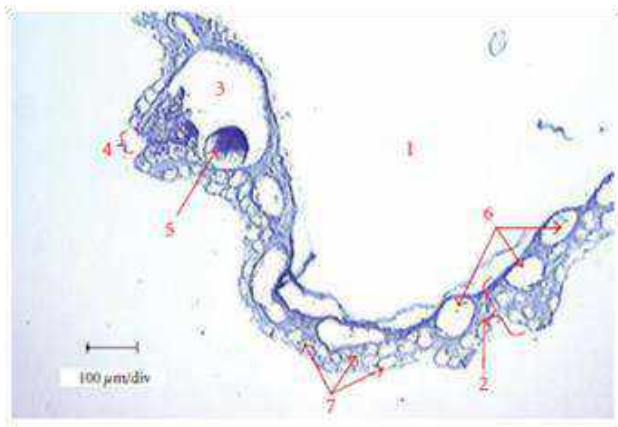
Gambar 50. Gambar SEM Permukaan Koenenkim pada *Paracorallium japonicum*; Keterangan: 1= gundukan koenenkim, 2=proyeksi siphonozoid projections.



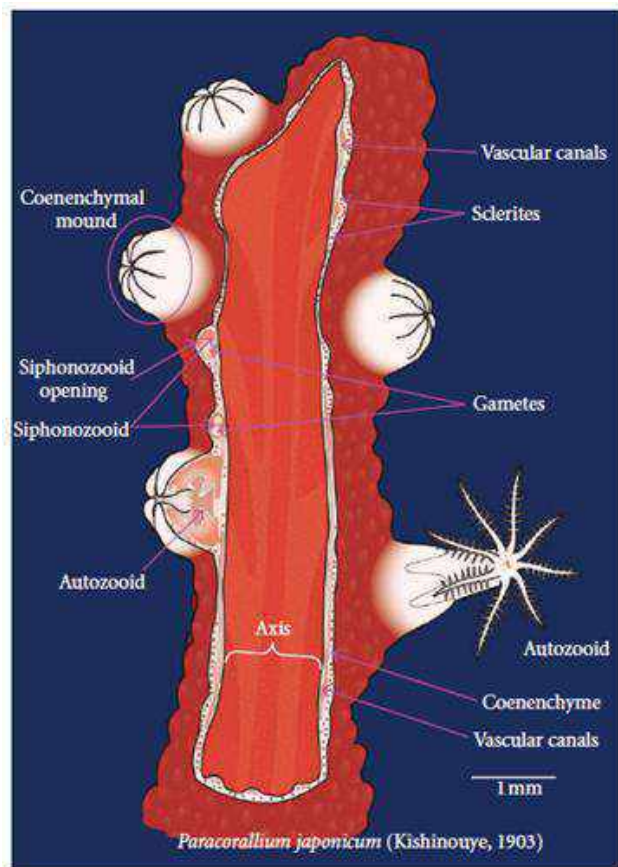
Gambar 51. Sayatan Histologi *Paracorallium japonicum*; Sayatan Longitudinal Pada Bagian Basal (Atas), dan Transversal Pada Ujung Cabang (Bawah). Keterangan: 1=Sumbu, 2= Koenenkim, 3= Autozooid, 4= Siphonozooid, 5= Saluran Vasucular, Dan 6= Kutil.

Morfologi dan Anatomi

Sklerit mengisi koenenkim yang ditujukan sebagai penutup sisi permukaan (Gambar 52). Pada sayatan transversal, bukaannya lebih besar (Gambar 52) yang lebih umum dari sklerit, dan pada sayatan longitudinal, bukaannya kelihatan lonjong, memanjang atau berbentuk lebih panjang “saluran-saluran,” yang lebar rata-ratanya 0.078 mm (± 0.022 SD, $n = 11$), dan saluran-saluran tersebut sejajar dengan sumbu (axis) (Gambar 51; atas), serta bergabung dengan sekumpulan autozooids and siphonozooids, dan ditujukan untuk menutup sisi aksial (Gambar 51 dan 52) (Nonaka *et al.*, 2012).



Gambar 52. Sayatan Transversal *Paracorallium Japonicum*;
Keterangan: 1=Sumbu/Axis, 2=Koenekim, 3=Siphonozoid, 4= Bukaan Siphonozoid, 5=Gamet (Oocyte), 6=Saluran Vasucular, 7: lacunae sklerit.



Gambar 53. Sayatan Diagramatik Melewati *Branchlet Paracorallium Japonicum*, Memperlihatkan Koenekim dan Sumbu/Axis, Serta Bagian-Bagian Lainnya (Kishinouye, 1903 dalam Nonaka et al., 2012).

Morfologi dan Anatomi

Beberapa jenis Alcyonacea dan Gorgonacea yang telah dideterminasikan oleh Benayahu (2012) tersaji pada Gambar 54, 55, 56, 57, 58, dan 59.

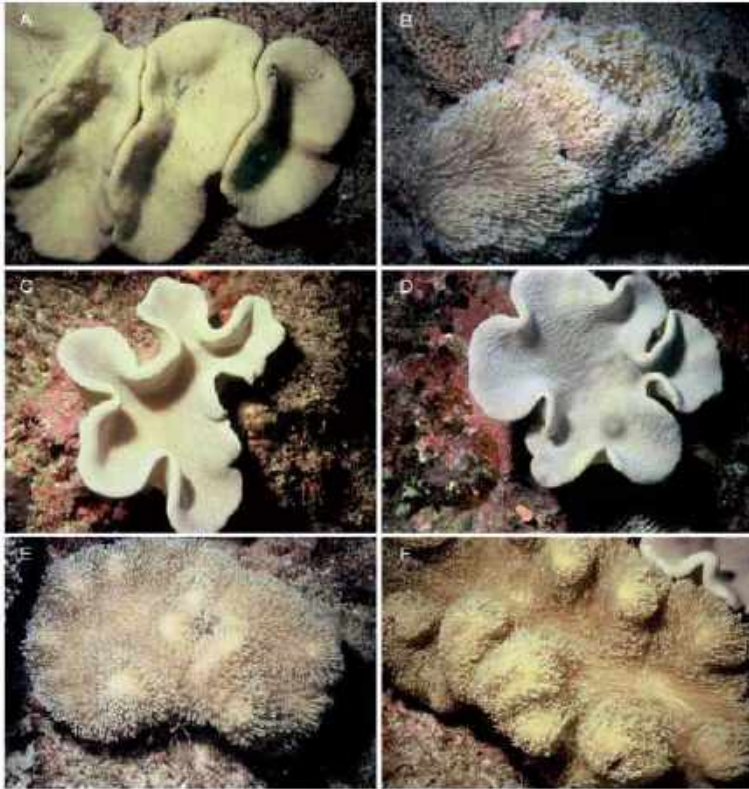


Gambar 54. Koloni Hidup Dari: A, *Cladiella Australis*; B, *Cladiella Kashmani* Benayahu; C, *Cladiella Krempfi*; D, *Klyxum Adii*; E, *Klyxum Flaccidum*; F, *Lobophytum Crassum*.

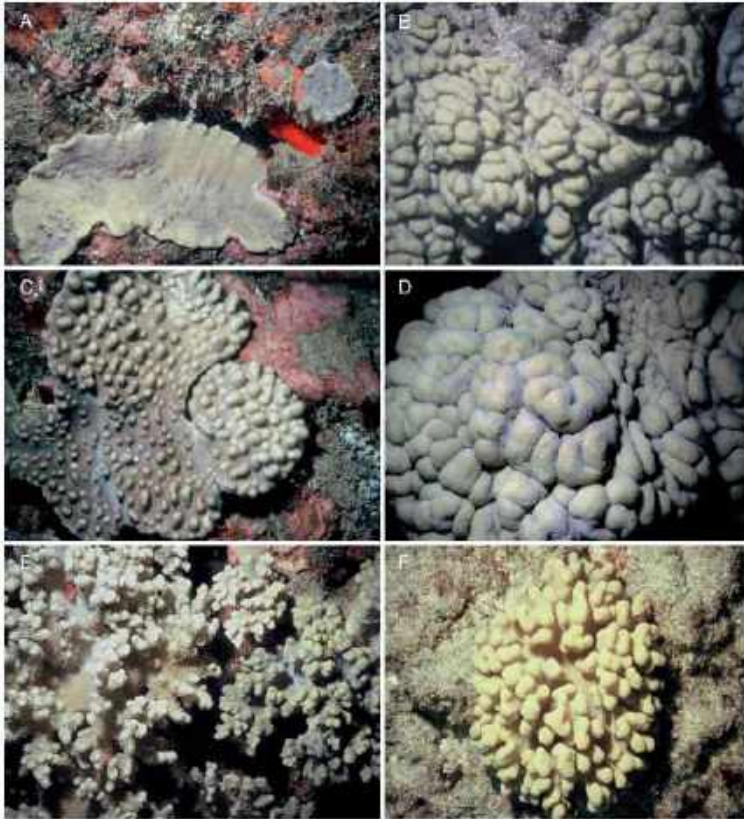


Gambar 55. Koloni hidup dari: A, *Sarcophyton flexuosum* B, *Sarcophyton glaucum* dengan polip dijulurkan; C, *Sarcophyton infundibuliforme*; D, *Sarcophyton roseum*; E, F, *Sarcophyton subviride* dengan polip dijulurkan.

Morfologi dan Anatomi

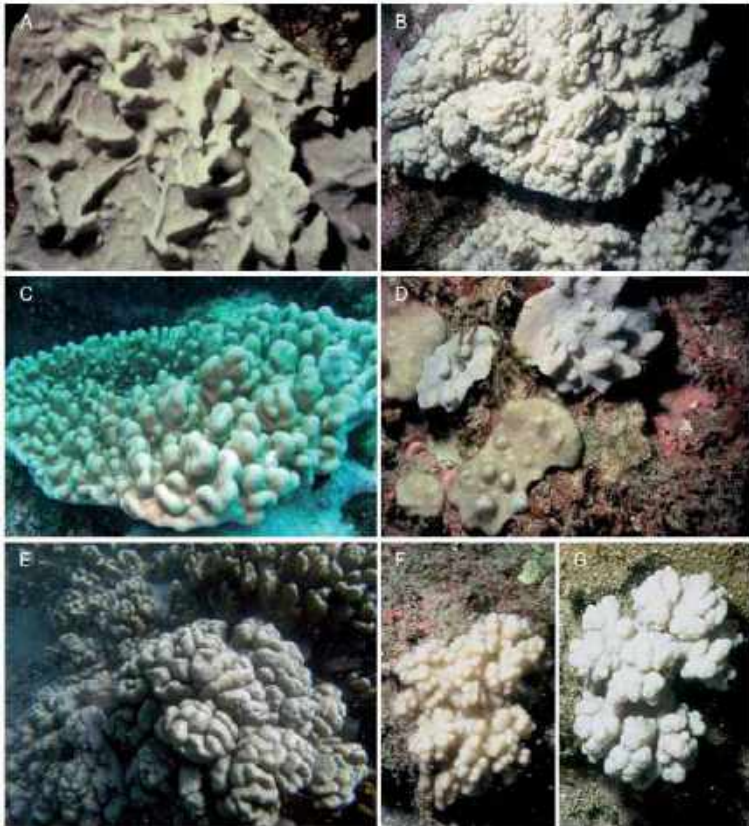


Gambar 56. Koloni Hidup dari: A, *Sarcophyton flexuosum* B, *Sarcophyton glaucum* dengan Polip Dijulurkan; C, *Sarcophyton infundibuliforme*; D, *Sarcophyton roseum*; E, F, *Sarcophyton subviride* dengan Polip Dijulurkan.

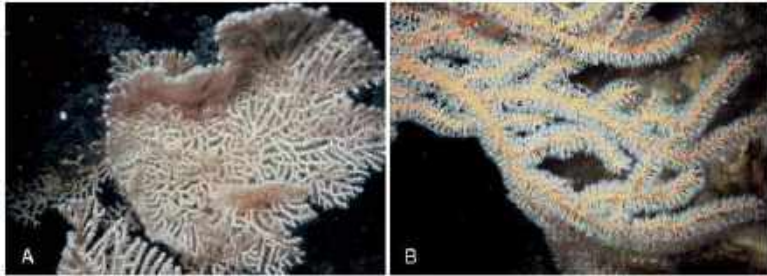


Gambar 57. Koloni hidup dari: A, *Sinularia brassica*; B, *Sinularia densa*; C, *Sinularia erecta*; D, *Sinularia gibberosa*; E, *Sinularia hirta*; F, *Sinularia molesta*

Morfologi dan Anatomi



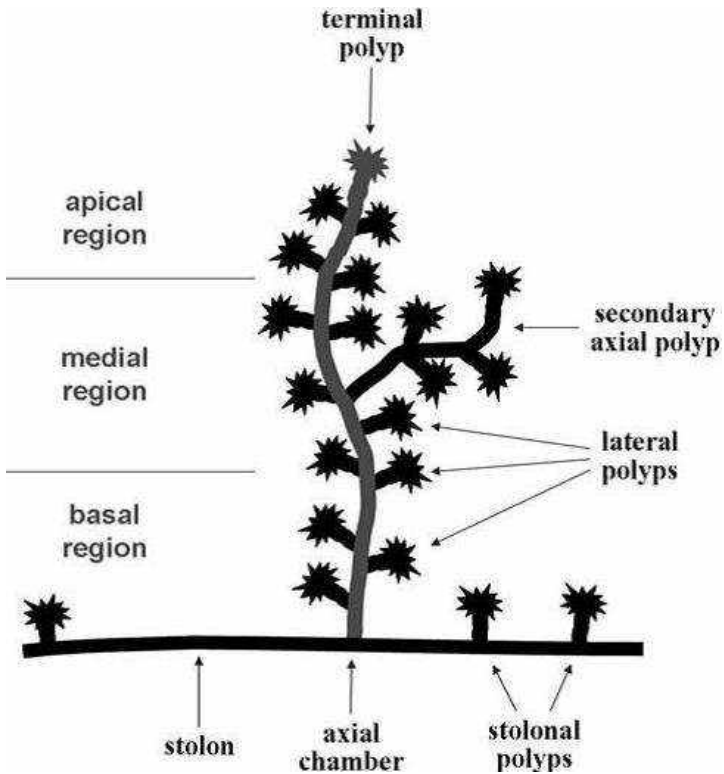
Gambar 58. Koloni Hidup F dari: A, *Sinularia muralis*; B, *Sinularia nanolobata*; C, *Sinularia numerosa*; D, *Sinularia peculiaris*; E, *Sinularia shlagmani* N. Sp.; F, G, *Sinularia tessieri* N. Sp.; F, dengan Polip Dijulurkan; G, dengan Polip Ditarik



Gambar 59. Koloni Hidup dari: **A, *Annella reticulata* Ellis & Solander, 1786; B, *Subergorgia suberosa* (Pallas, 1766).**

Berdasarkan posisi dan letaknya pada koloni Octocorallia, penamaan polip ada bermacam-macam, yaitu polip terminal (terletak di bagian apical), polip sekunder (umumnya terletak di bagian pertengahan), dan polip lateral (terletak di bagian basal) (Gambar 60). Penamaan tersebut di atas umumnya terdapat pada kelompok Octocorallia yang termasuk di dalam Genus *Carijoa*.

Morfologi dan Anatomi



Gambar 60. Diagram Polip-Polip pada *Carijoa riisei* (Kahng *et al.*, 2008)

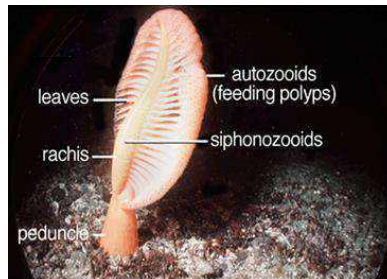
3. Morfologi dan Anatomi Pennatulacea

Pennatulacea (Octocorallia: Pennatulacea), biasa disebut pena laut, adalah karang berkoloni yang bercirikan memiliki jangkar (*peduncle*) yang tertanam ke dalam sedimen lunak

(lumpur, pasir), dan memungkinkan berpindah tempat untuk menjelajah dasar laut dari zona intertidal sampai ke *abyssal plan*. Pena laut dapat dijumpai dalam jumlah yang kecil atau membentuk agregasi yang besar. Hal ini menunjukkan bahwa pena laut memungkinkan menyediakan habitat struktural penting bagi organisme lain dengan meningkatkan kompleksitas dasar laut berlumpur (Baillon, 2014).

Koloni dari ordo Pennatulacea pada umumnya berbentuk silinder memanjang yang disebut polip sumbu (*axial polyp*). Bagian pangkal atau proksimal dari polip sumbu agak membengkak atau menggelembung dan bebas dari polip cabang (*rachis*). Bagian pangkal ini disebut juga sebagai tongkat (*stalk*) yang dipergunakan sebagai alat untuk menancapkan diri ke substrat lumpur yang lunak. Polip cabang atau rachis disebut juga sebagai helaian polip atau "*polyp leaves*" (Gambar 61). Pada Ordo Pennatulacea yang primitif, polip cabang tumbuh dalam susunan simetris radial (Family Veretellidae), tetapi pada family lainnya polip cabang ini tumbuh dalam susunan simetris bilateral, di mana sisi ventral dan dorsalnya bebas dari polip cabang tersebut. Bentuk polip cabang ini bervariasi dari satu family ke family lainnya. Pada Family Pennatulidae polip cabang tersusun dengan rapi dalam susunan helaian melintang atau agak miring pada sisi atas dari helaian tersebut terdapat bagian yang disebut anthocodia. Tinggi koloni pena laut bervariasi antara 10 cm sampai 100 cm (Hadi, 1994).

Morfologi dan Anatomi



Gambar 61. Morfologi Pennatulacea

(<http://www.asnailsodyssey.com/Learnabout/Pen>)

Morfologi pennatulacea spesifik dan sangat berbeda dengan Octocorallia yang lain. Pennatulacea dibentuk oleh polip primer tunggal yang besar, juga dikenal sebagai polip awal atau oozoid. Polip primer tertanam ke sedimen lunak oleh *pedunculus*. Di bagian distal dari polip primer terbentuk rachis yang berisi sedikit atau banyak polip sekunder atau anakan polip, yang muncul secara lateral dari *rachis*. Oozoid dibagi dalam dua bagian, yaitu peduncle, yang jangkar koloni di sedimen, dan rachis, di mana polip sekundernya terbentuk. Empat polip sekunder yang berbeda ada: (1) autozooids, (2) siphonozooids, (3) mesozoid, dan (4) akrozoid. Autozooids dan siphonozooids yang terdapat pada semua spesies pena laut, sedangkan mesozoid hanya pada Pennatula dan Pteroeides, dan acrozoid hanya pada Pteroeides. Autozoid berukuran besar, memiliki 8 tentakel dan mesenterium; Autozoid digunakan untuk memberi makan dan reproduksi. Siphonozoid adalah polip bersilia kecil digunakan untuk pengaturan gerakan inhalan

air di koloni, sedangkan mesozooids, bila ada, digunakan untuk gerakan exhalant. Acrozooids baru saja ditemukan, berperan dalam menyediakan reproduksi aseksual (Williams *et al.*, 2012).

Oozoid dapat didukung oleh sebuah sumbu pusat yang ber-kalsit, yang menyediakan dukungan pada koloni. Fungsi autozoid ternasuk makan dan sintesis gamet, sementara siphonozoid bersilia mengontrol pergerakan air untuk ekspansi dan kontraksi koloni (Williams 2011).

Morfologi Penatulacea lainnya tersaji pada Gambar 62, sedangkan spesies-spesies yang umum ditemukan di banyak negara tersaji pada Gambar 63 dan 64.



Gambar 62. A. *Anthoptilum* sp. B. *Umbellula lindahli*. C. *Ptilosarcus gurneyi*. D. *Protoptilum carpenteri*. E. *Pennatula* sp. (Williams, 2011)



Gambar 63. A. *Distichoptilum gracile*, 100 mm. B. *Renilla amethystina*, 38 mm, dorsal (atas), ventral (bawah). C. *Cavernularia glans*, 65 mm. D. *Cavernularia malabarica*, 32 mm. E. *Echinoptilum echinatum*, 57 mm. F. *Actinoptilum molle*, 90 mm. G. *Porcupinella profunda*, 40 mm. H. *Sarcoptilus grandis*, 220 mm. I. *Pteroeides* sp., 58 mm. J. *Crassophyllum cristatum*, 195 mm. K. *Gyrophyllum sibogae*, 230 mm. L. *Gilibelemnon octodentatum*, 44 mm. M. *Kophobelemnon affine*, 140 mm. N. *Scytalium martensi*, 120 mm (Williams, 2011)

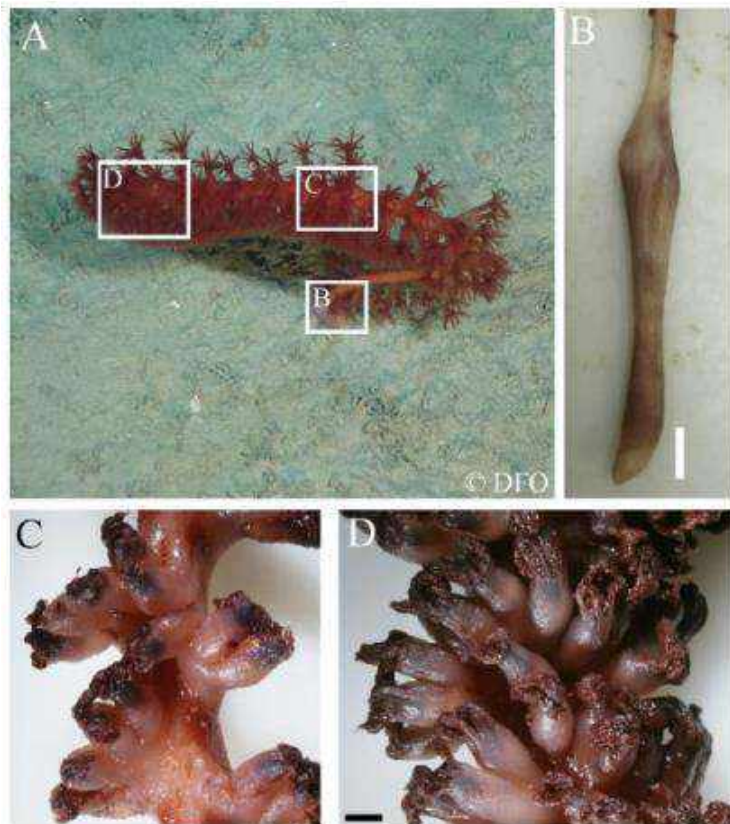


Gambar 64. *Pennatulacea* hidup. A. *Veretillum* cf. *manillense*, B. *Pteroeides* sp., C. *Virgularia* cf. *rumphii*, D. *Actinoptilum molle*, E. *Scytalium* cf. *sarsi*, F. *Sclerobelemnon* sp., G. *Cavernularia* cf. *obesa*, H. *Pennatula phosphorea*, I. *Umbellula* cf. *carpenter*

Morfologi dan Anatomi

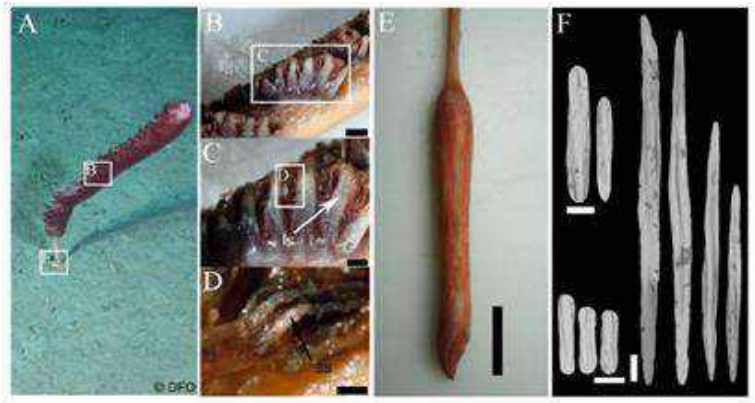
Tiga spesies pena laut yang dibedakan pada morfologi eksternalnya secara umum. *Pennatula aculeate* paling kecil bentuknya memutar atau berbentuk bulu ayam dengan polip-polip yang terdapat sepanjang *leaves*. *Anthoptilum grandiflorum* panjangnya sedang dengan bentuk seperti tanda tanya dan dengan polip yang terdapat pada baris-baris. *Halipteris finmarchica* paling panjang dengan bentuk yang seperti cambuk dan polip-polip yang terdapat pada baris-baris yang tergabung, dan membentuk punggung (*ridges*). Variasi pada makrometri (panjang koloni, berat basah, diameter dan kepadatan polip) dan mikrometri (metric sklerit) yang diinvestigasi sepanjang gradient kedalaman (98-1415 m) dan diantara keragaman daerah pada *continental slope* spanning ~2500 km (Baillon, 2014).

Setiap koloni pena laut dibagi ke dalam empat bagian, yaitu *peduncle* (jangkar pena laut pada sedimen) dan bagian lebih rendah, bagian tengah dan atas adalah *rachis* (berhubungan dengan polip sekunder, autozoid dan siphonozoid) sama dengan penelitian sebelumnya pada pena laut (Pires *et al.* 2009). *Anthoptilum grandiflorum* (Gambar 65) dan *Halipteris finmarchica* (Gambar 66) terdapat kesamaan struktur umum dengan autozooids yang posisinya secara langsung pada oozoid, sebaliknya pada *Pennatula aculeate*, autozoid terdapat di sepanjang *leaves* (Gambar 67) (Baillon, 2014).

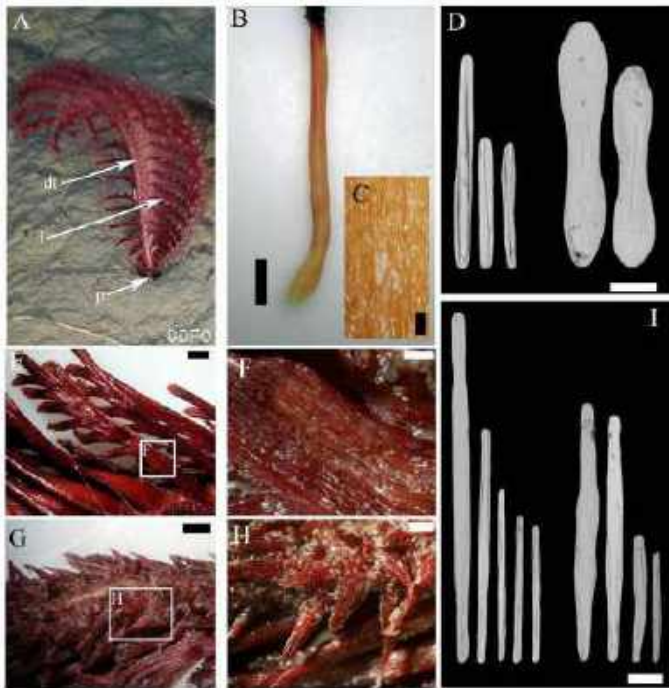


Gambar 65. *Anthoptilum grandiflorum*. (A) *In situ*, (B) *peduncle* (C) potongan bagian tengah pada *rachis* dengan densitas polip yang rendah, (D) bagian atas *rachis* dengan densitas polip yang lebih tinggi. Tidak ditemukan sklerit pada penelitian. Skala bar pada B: 1 cm, pada C dan D: 2 cm

Morfologi dan Anatomi



Gambar 66. *Halipteris finmarchica*. (A) *In situ*, (B) *rachis*, (C) *close up* pada barisan polip pada *rachis*, dengan sklerit yang panjang (ls) pada bagian tengah, (D) *close up* tentakel pada polip, dengan sklerit yang pendek (ss), (E) *peduncle*, (F) SEM sklerit pada *peduncle* (skala bar: 40 μm , kiri atas), sklerit pada tentakel (bottom left, skala bar: 40 μm , kiri bawah) dan sklerit pada kolom (column) (skala bar: 100 μm , kanan). Skala bar pada B: 2 mm, pada C: 1 mm, pada D: 500 μm dan pada E: 2 cm.



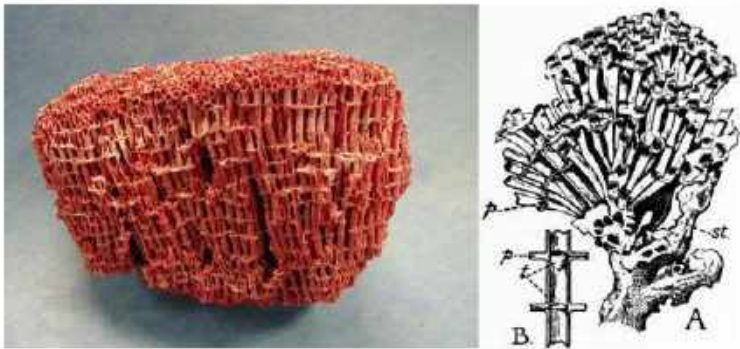
Gambar 67. *Pennatula aculeata*. (A) *In situ*, memperlihatkan letak *peduncle* (p) pada sedimen, *leaves* (l) dan alur punggung/*dorsal track* (dt), (B) *peduncle*, (C) *close up* pada *peduncle* dengan sklerit yang kelihatan, (D) SEM dari sklerit pada tentakel (kiri) dan sklerit pada *peduncle* (kanan), (E) *leaves*, (F) *close up* pada sebuah *leaf* dengan sklerit yang panjang, (G) alur punggung/*dorsal track*, (H) *close up* pada alur punggung/*dorsal track* dengan

Morfologi dan Anatomi

sklerit membentuk puncak, (I) SEM dari sklerit pada *leaf* (kiri), dan sklerit alur punggung/*dorsal track* (kanan). Skala bar pada B: 1 cm, pada C: 200 μm , pada D: 45 μm , pada E dan G: 2 mm, pada F: 500 μm , pada H: 1 mm dan pada I: 110 μm .

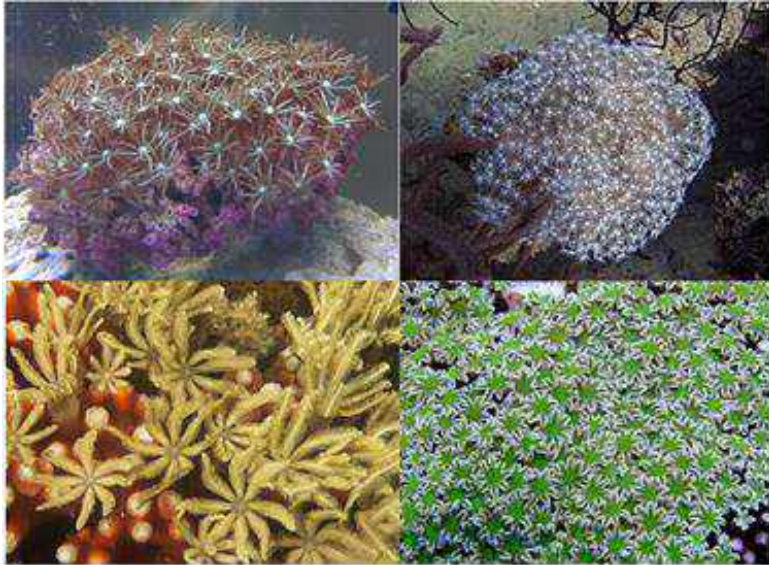
4. Morfologi dan Anatomi Stolonifera

Anggota Octocorallia yang lain adalah Ordo/Subordo/kelompok Stolonifera. Ordo/Subordo/kelompok Stolonifera memiliki enam famili, yaitu Tubiporidae, Pseudogorgiidae, Cornulariidae, Coelogorgiidae, dan Clavulariidae. Tubiporidae memiliki satu spesies, yaitu *Tubipora musica*. Octocorallia ini memiliki kerangka eksoskeleton yang tersusun dari kalsium karbonat, warnanya merah, berongga dan membentuk pipa-pipa kecil yang tersusun rapi, menyatu antara satu pipa dengan pipa lainnya (Gambar 68). Warna polipnya beragam, merah, pink, putih, abu-abu, hijau (Gambar 69). Nama umumnya adalah organ pipe coral, daisy coral, pipe organ coral.



Gambar 68. Kerangka *Tubipora musica* (A. kerangka muda koloni. *st*, Stolon; *p*, platform. B. diagram potongan melintang sebuah corallite, memperlihatkan dua platforms, *p*, dan tabulae berbentuk sederhana dan cangkir, *t*.
(S. J. Hickson dan
<http://nitehawkripper.blogspot.com/2011/06>)

Menurut Kuncoro (2004) *Tubipora musica* banyak terdapat atau ditemukan di pantai-pantai tropis, tumbuh membentuk koloni-koloni yang padat dengan ukuran sedang. Di samping itu, banyak ditemukan pada substrat batuan karang. *Tubipora musica* umumnya memiliki tubuh berwarna merah tua dengan stolon yang berkapur. *Tubipora musica* secara total mendapatkan makanan dari simbiosis dengan zooxanthella sehingga tidak memerlukan makanan tambahan.

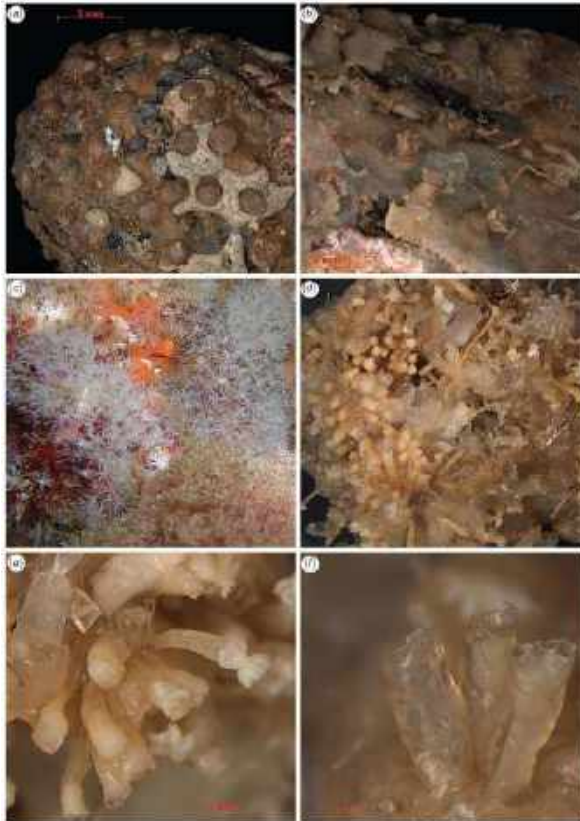


Gambar 69. Warna-Warna polip *Tubipora musica*
(<http://reefbuilders.com/tag/tubipora-musica>)

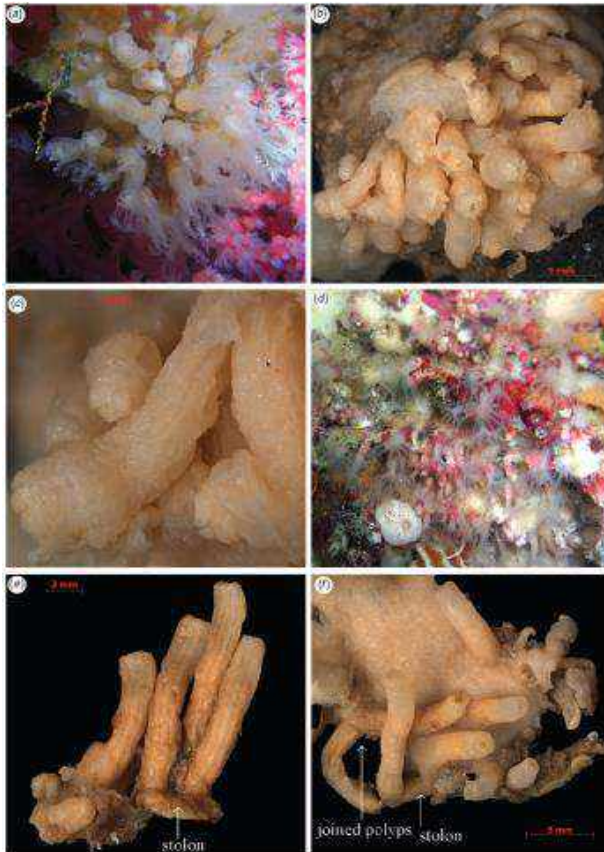
Famili Clavulariidae memiliki beberapa spesies yang tergolong baru dideskripsikan, Menurut McFadden dan Ofwegen (2012), spesies-spesies yang baru dideskripsikan tersebut antara lain *Inconstantia exigua*, *Inconstantia pannucea*, *Inconstantia procera*, sedangkan dari Famili Cornulariidae antara lain *Cornularia cornucopiae* dan *Cornularia pabloi*. *Inconstantia exigua* memiliki deskripsi koloni bermembran yang tertutupi bagian distalnya dari kulit kerang (Gambar 6a), ukurannya sekitar 20 cm² dengan sekitar 100 polip. Polip tertanam dalam membran yang tipis, terpisah dan berjarak 0.5-2.5 mm;

beberapa bagian membran tanpa polip, yang lain ditumbuhi oleh sponge *encrusting*. Beberapa polip dijulurkan sebagian dengan ujung tentakel yang menonjol ke arah mulut (Gambar 70b); berbentuk pipa yang pendek dan gemuk, tinggi 2,5 mm dengan diameter 1,6 mm. Polip lain dengan anthocodia ditarik ke bawah, kaliks berbentuk kerucut, atau dengan kaliks ditarik sepenuhnya ke dalam membran, yang hanya terlihat sebagai gundukan kecil (Gambar 70a), sedangkan *Inconstantia pannucea* memiliki deskripsi menempel pada substrat berkapur (71a). Sekitar 50 polip muncul dari membrane yang umum, membran yang tertutupi sponge *encrusting* dan sponges dan bryozoan dan sulit untuk dilihat. Susunan polip sangat tertutup dari yang lainnya, beberapa polip saling berdekatan dan bergabung sepanjang separuh bagian proximal kaliks. Beberapa polip dengan tertarik ke dalam kaliks, yang lainnya dengan anthocodia dan sebagian tentakel tertarik (71b). Tinggi kaliks sampai to 10mm, diameter 1.4–1.8 mm. Kaliks sedikit lebih melebar, dan paling lebar pada ujung bagian distal. Kaliks ditutupi oleh kulit yang tipis, transparan pada

Morfologi dan Anatomi



Gambar 70. *Inconstantia exigua*,: (a) koloni diawetkan; (b) close-up yang sama. *Cornularia pabloi*, sp. nov.: (c) koloni in situ. *Cornularia pabloi*: (d) koloni diawetkan; (e) close-up of polippada derajat retraksi yang bervariasi; (f) polip tertarik ke dalam sampul yang berkulit



Gambar 71. *Inconstantia pannucea*: (a) koloni in situ; (b) koloni terlindungi; (c) polip-polip, kelihatan kulitnya berkerut. *Inconstantia procera*: (d) koloni in situ; (e) fragmen koloni yang diawetkan; (f) fragmen koloni yang diawetkan.

Morfologi dan Anatomi

Bahan yang terlindungi dan sangat berkerut (Gambar 71c); perluasan anthocodia transparan dan kelihatan membuat garis demarkasi dari yang buram, kaliks berwarna cokelat kekuning-kuningan (Gambar 71a). Kaliks sekitar 1/3 sampai 1/2 dari tinggi total polip terjulur. 10–13 pasang of pinnules yang terletak pada barisan tunggal pada sisi yang lainnya pada rachis bertentakel. Gamet-gamet berbentuk bola berdiameter 0.3–0.6mm, kelihatan pada dasar polip yang rusak.

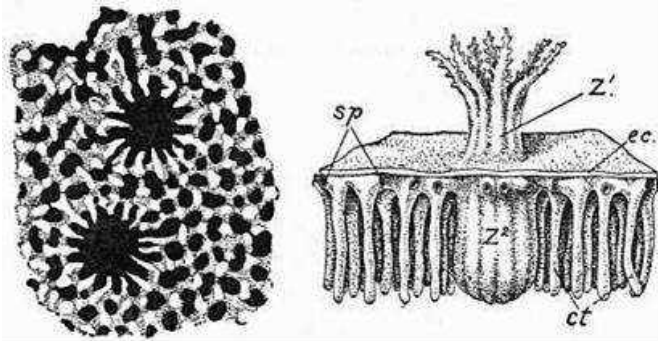
5. Morfologi dan Anatomi Coenothecalia/Helioporacea

Ordo Coenothecalia atau Helioporacea hanya memiliki satu family, yaitu Helioporiidae, satu spesies, yaitu *Heliopora coerulea*, dan dua subspecies, yaitu *Heliopora coerulea meandrina* dan *Heliopora coerulea tuberosa*. *Heliopora coerulea* tersebar di negara-negara tropis maupun subtropis, Australia, Indonesia, Malaysia, Iran, Amerika Serikat, Maladewa, Filipina, Micronesia, Guam, dan Northern Mariana Islands. Saat ini *Heliopora coerulea* juga sudah tergolong biota laut yang memiliki nilai ekonomi karena telah menjadi bahan baku pembuatan perhiasan wanita, misalnya kalung dan gelang.

Ordo Coenothecalia direpresentasikan oleh species, *Heliopora coerulea*, yang berbeda dengan semua Octocorallia yang lainnya. Faktanya bahwa kerangkanya tidak tersusun dari spikula, tetapi dibentuk oleh suatu sekresi sel-sel pada suatu lapisan yang disebut *calicoblasts*, yang berasal dari ectoderm. corallum *Heliopora* berwarna biru, dan memiliki bentuk yang besar, tegak, berlobus, atau digitate, dan pipih dari sisi ke sisi.

Permukaan berlubang-lubang besar dan halus. Lubang yang besar berbentuk rongga, yang disebut kaliks, di mana zooids tertancap/tertanam, dan lubang yang kecil yang jumlah sangat banyak berbentuk poligonal. Lubang yang kecil ini berisi tabung bercabang pendek, yang dikenal sebagai tabung koenenkim. (Gambar 72A). Dinding kaliks dan tabung koenenkim berbentuk lempengan datar yang tersusun dari calcite, yang begitu dihilangkan terlihat bahwa dinding sebuah tabung masuk ke dalam massa dinding tabung yang berdekatan, dan dinding kaliks dibentuk oleh dinding tabung koenenkim yang berdekatan (<https://en.wikisource.org/wiki>).

Struktur zooid *Heliopora* adalah tipikal zooid dari *Octocorallia*, yaitu septa yang memiliki delapan tentakel yang ber-pinnate (Gambar 72B). Walaupun struktur zooid-nya sama dengan karang *Madreporaria*, tetapi berbeda dalam hal jumlah tentakel. *Madreporaria* hanya memiliki enam tentakel dan tidak ber-pinnate.

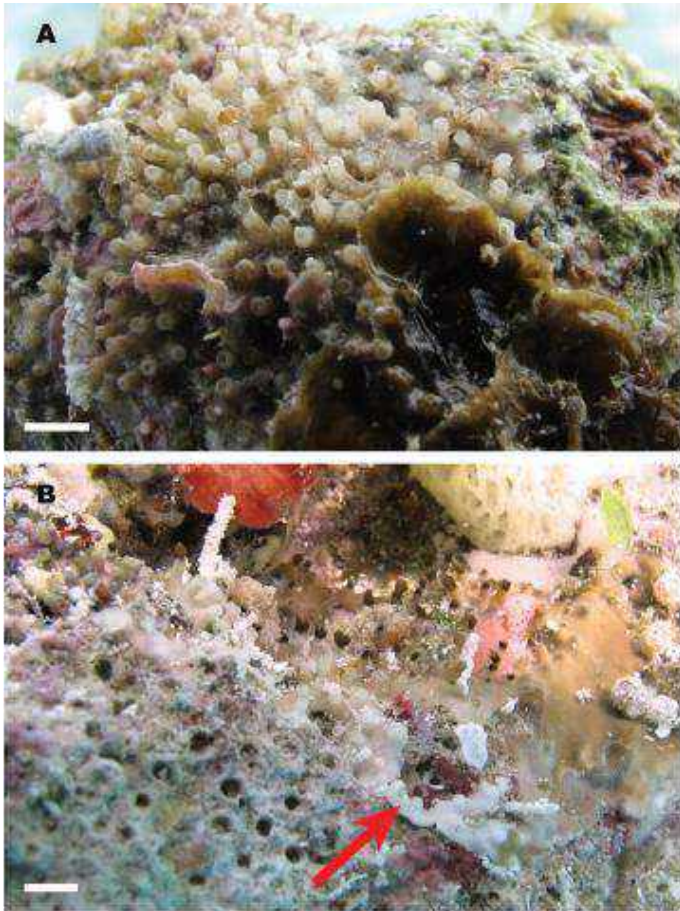


Gambar 72. A, Bagian permukaan koloni *Heliopora coerulea* yang diperbesar, memperlihatkan dua kaliks dan dikelilingi tabung-tabung koenenkim. B, zooid tunggal dengan jaringan lunak yang saling berdekatan rangka dikeluarkan oleh proses dekalsifikasi. Z¹, bagian distal, dan Z², bagian proximal atau bagian intracalicular pada zooid; ec, ectoderm; ct, tabung koenenkim; sp, permukaan jaringan solenia (<https://en.wikisource.org/wiki>)

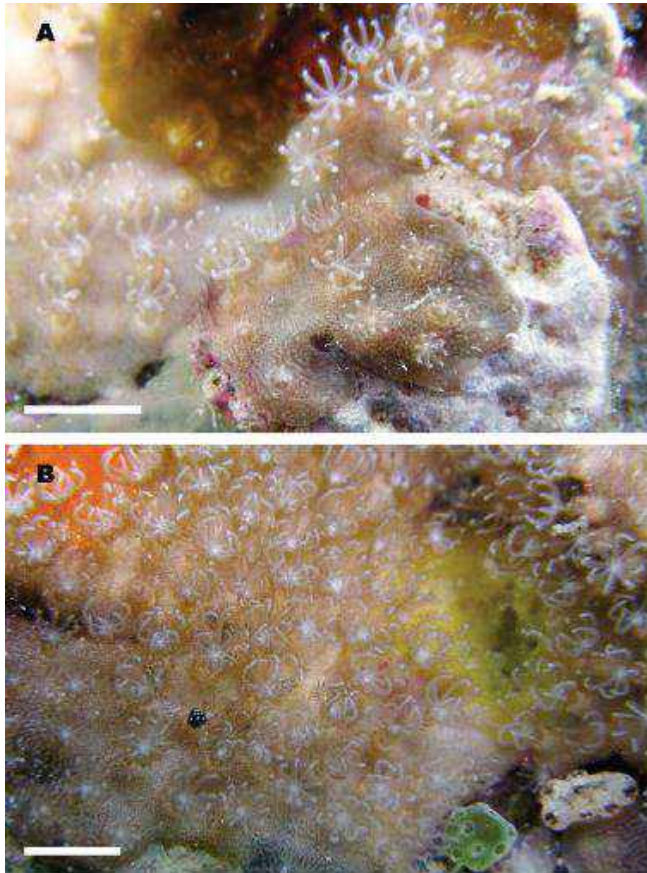
Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya pengetahuan tentang analisis filogenetik molekular, Ordo Coenothecalia/Helioporacea juga memiliki Famili Lithotelestidae. Famili ini terdiri dari Genus *Nanipora* gen. n. dan spesies *Nanipora kamurai*. Genus *Nanipora* diagnostiknya memiliki bentuk pertumbuhan *encrusting*, memiliki stolon atau tegak dan batangnya jarang bercabang. Seluruh koloninya kaku

dengan kerangka internalnya adalah kristal aragonit. Polip secara penuh rekraktif. Sklerit mungkin ada atau tidak ada. Jika ada bentuknya *capstan dan crosses* dan tersusun dari kalsit, sedangkan diagnostik spesies *Nanipora kamurai* (Gambar 73 dan 74) yaitu *encrusting*, koloni sebagian membentuk stolon dengan kaliks silindris yang panjangnya hingga 5 mm, melekat pada substrat keras. Polip-polipnya monomorfik rekraktif. Koenekim dan kaliks kaku dengan kerangka internal yang tidak tersusun dari gabungan sklerit tetapi tersusun dari kesatuan kristal aragonit. *Reticulate* terpola pada seluruh permukaan koloni, membentuk lubang-lubang kecil pada permukaan. Puncak kaliks bergerigi, dengan 16–20 lekukan. Rongga-rongga memanjang pada dinding *calicular*, terhubung ke saluran-saluran solenia pada bagian dasar koloni. Bagian dalam kaliks halus, tidak bersekat. Permukaan kaliks terkadang berkeriput. Seutuhnya tidak memiliki sklerit. Koloni-koloni yang hidup berwarna gading atau coklat pucat, kerangka tidak berwarna, dan tidak mengandung zooxanthellae (Miyazaki dan Reimer, 2015).

Morfologi dan Anatomi



Gambar 73. Koloni hidup *Nanipora kamurai* yang menempel dasar (=menghadap ke sisi bagian bawah) batuan kalsium karbonat di Ama Beach, Zamami Island, Okinawa, Jepang, Skala bar: sekitar 5 mm.

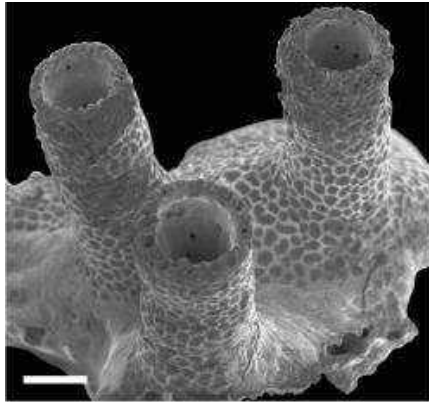


Gambar 74. Koloni in-situ *Nanipora kamurai* dengan polip yang dijulurkan di Ama Beach, Zamami Island, Okinawa, Jepang, A= pertumbuhan di bagian pinggir koloni, B= bagian tengah koloni. Skala bar: sekitar 5 mm.

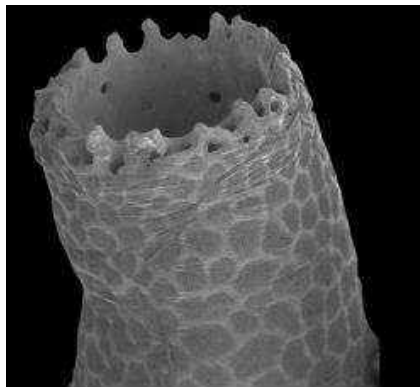
Morfologi dan Anatomi

Holotype koloni adalah *encrusting* (Gambar 73A), menempel pada dasar batu berkapur yang memiliki dimensi 80 × 50 × 50 mm. Koloni terkadang memiliki stolon yang tipis (lebar 2–3 mm, ketebalan kurang dari 1 mm), tumbuh diatas permukaan yang tidak teratur (Gambar 65B, panah). Holotype polip koloni sepenuhnya tertanam ke dalam kaliks setelah menempel. Panjang tentakel 3–4 mm dengan *pinnules* yang terlihat halus (Gambar 74A dan 74B). Anthocodia secara penuh tertarik ke dalam kaliks. Koenenkim tipis (sampai 3 mm, < 1 mm porsi yang kebanyakan). Koenenkim dan kaliks kaku dengan kerangka internal (Miyazaki dan Reimer, 2015).

Keseluruhan bentuk kerangka secara pada hakekatnya sama bentuk bagian luar koloni-koloni yang hidup (Gambar 75). Kaliks silindris, diameternya sampai 1mm; tingginya sampai 5 mm, dilubangi oleh lubang-lubang yang terdistribusi secara acak yang berdiameter 50 µm (Gambar 76). Permukaan kerangka kaliks kadang-kadang berkeriput (Gambar 76 dan 77). Bagian atas kaliks bergerigi, biasanya 16 -20 lekukan (Gambar 78). Bagian dalam kaliks sederhana dan berbentuk pipa/tubular, tidak memiliki struktur menyerupai septa/sekat. Dinding *calicular* ketebalannya 0.08–0.1 mm di ujung *apical* dan secara gradual menjadi lebih tebal turun ke arah bagian *proximal*, di mana ketebalan dapat mencapai 0.2 mm. Pada dinding-dinding *calicular*, dari bagian *distal* ke bagian *proximal*, memiliki 12–20 rongga yang berdiameter sampai 0.05 mm (Gambar 79). Rongga-rongga ini sering terputus, berkumpul, atau bercabang (Miyazaki dan Reimer, 2015).

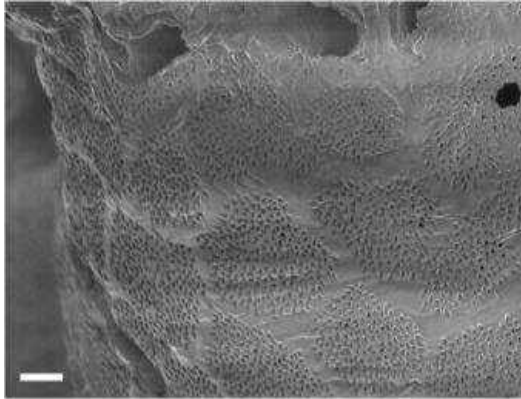


Gambar 75. Gambar *Scanning electro-microscope* (SEM) kerangka koloni *Nanipora kamurai*. Skala bar: 0.5 mm.

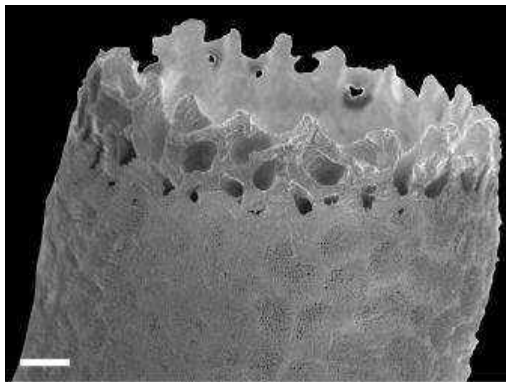


Gambar 76. Kaliks, pola *reticulate* dan keriput *Nanipora kamurai* diperlihatkan. Scale bar: 0.2 mm.

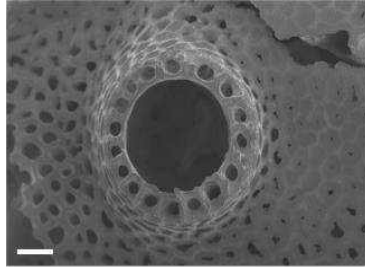
Morfologi dan Anatomi



Gambar 77. Permukaan kaliks. Pola reticulate pattern dibentuk oleh sejumlah lubang-lubang kecil. Skala bar: 0.04 mm.



Gambar 78. Lekukan kelihatan pada bagian atas kaliks *Nanipora kamurai*. Skala bar: 0.1 mm.

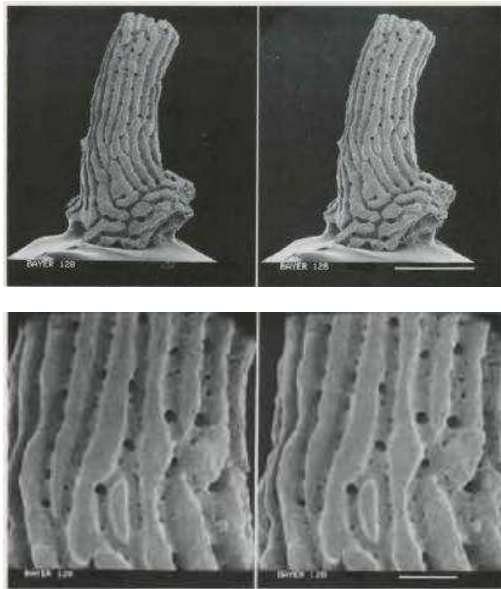


Gambar 79. Kaliks *Nanipora kamurai* kelihatan dari atas. Rongga membentang dalam arah membujur ke bawah melalui kaliks. Skala skala: 0,2 mm.

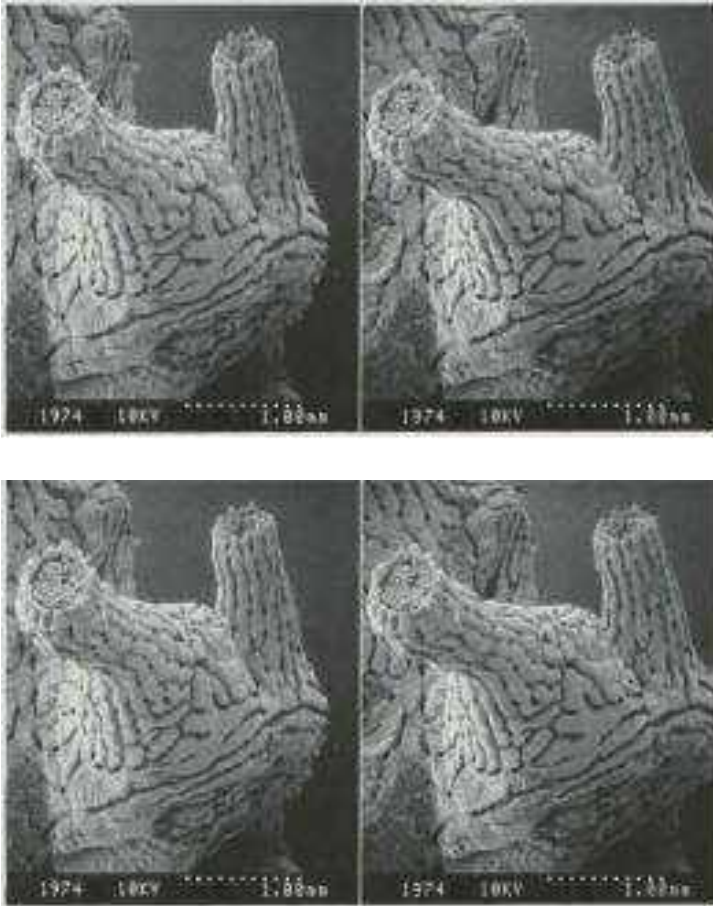
Genus lainnya yang tergolong ke dalam Ordo Coenothecalia atau Helioporacea adalah *Epiphaxum* Lonsdale, 1850. Genus ini termasuk Famili Lithotelestidae Bayer and Muzik, 1977. Menurut Bayer (1992), genus ini memiliki karakter merayap, stolons seperti cacing sehingga menimbulkan jarak antar polip yang dapat atau tidak dapat menghasilkan anakan polip secara berselang-seling. Stolon dan polip dengan didukung oleh kerangka yang tersusun dari kristal aragonit; anthostele membentuk kaliks berbentuk pipa yang memiliki 16 lekukan (*grooves*) dan punggung (*ridges*) yang longitudinal yang letaknya saling berselang-selang; dinding calicular yang dipenuhi lubang oleh lubang-lubang yang melewati saluran-saluran solenia yang terhubung ke rongga gastrovascular polip dengan sistem solenia diikuti lekukan pada kaliks dan stolon; Lubang-lobang berbaris sepanjang dasar lekukan-lekukan yang membujur, lekukan-lekukan yang berdekatan ini terdapat pada pasangan pertemuan di bawah jarak antara punggung (*ridges*) dan bukaan sebagai

Morfologi dan Anatomi

lubang tunggal, berbaris pada delapan baris yang berselang-seling dengan delapan mesenteri. Anthocodia dan tentakel seutuhnya retraktil dalam *calicular aperture*; dinding pharyngeal, dinding anthocodia dan tentakel dengan sejumlah sklerit yang menjadi tipikal dari Octocorallia yang tersusun dari kalsit. Spesies-spesies yang terdapat pada Genus *Epiphaxum* adalah *Epiphaxum auloporoides*, *Epiphaxum micropora* (Gambar 80), *Epiphaxum breve* (Gambar 81), *Epiphaxum septifer* (Gambar 82) (Bayer, 1992).

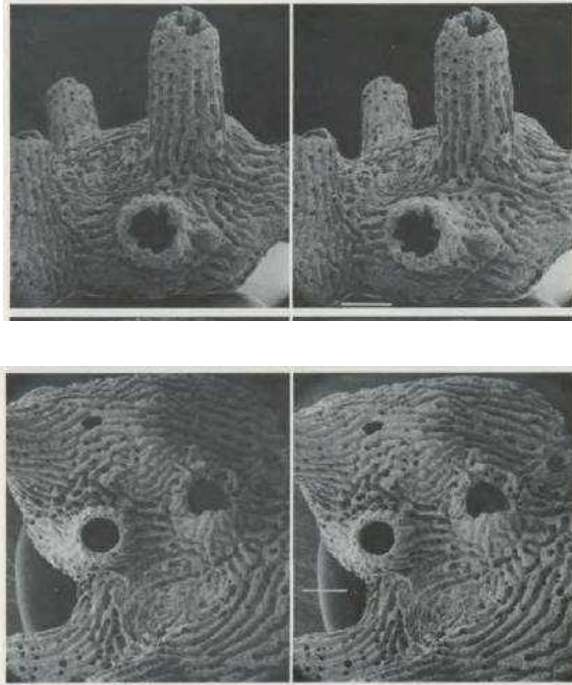


Gambar 80. *Epiphaxum micropora*. Isolasi kaliks; calyx; skala = 1 mm. Detail permukaan yang sama; skala = 0.2 mm (Bayer, 1992)



Gambar 81. *Epiphaxum breve*. Bagian lebar stolon dengan sejumlah kaliks (atas). Dua kaliks yang terlihat miring (bawah) (Bayer, 1992)

Morfologi dan Anatomi



Gambar 82. *Epiphaxum septifer*. Bagian lebar dari stolon dengan enam kaliks. Pandangan dari depan (atas). Pandangan dari samping (bawah). Skala bars = 1 mm (Bayer, 1992)

6. Morfologi dan Anatomi Protoalcyonaria

Pada tahun 1973, almarhum Dr Eliza beth Batham dari Universitas Otago, Selandia Baru, mengumpulkan dua spesimen

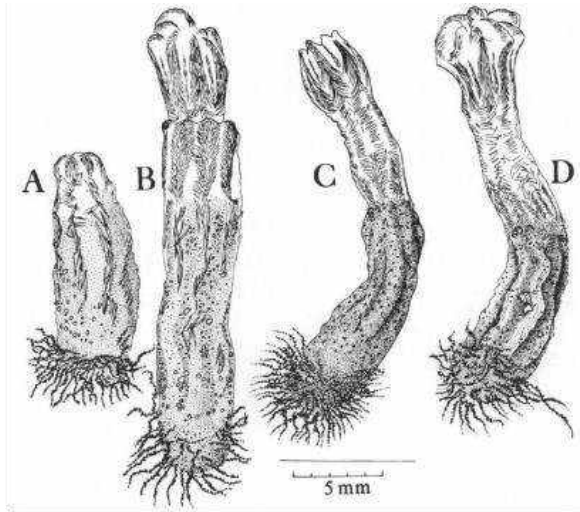
Octocorallia berpolip soliter yang diambil dari kedalaman 720 m dari Semenanjung Otago, Selandia Baru, dan pada tahun 1974 banyak lagi contoh itu diambil di sekitar yang tempat yang sama. Saat itu spesimen pada awalnya dianggap anemon laut yang menggali (*burrowing sea anemon*), mereka dirujuk ke Dr Cadet Hand, yang sedang mengunjungi Laboratorium Laut Portobello saat itu. Dr Hand segera mengenali hewan tersebut sebagai Octocorallia. Bertindak atas sarannya, Dr Keith Probert meminta bantuan penulis pertama (Frederick M. Bayer) untuk mengidentifikasi hal-hal yang tidak biasa ini. Spesimen ini telah terbukti sebagai Octocorallia berpolip soliter, yang karakternya tidak lazim seperti anggota subklas Octocorallia yang umumnya berpolip koloni (Bayer dan Muzik, 1976).

Protoalcyonaria adalah menurut Bayer dan Muzik (1976) adalah tergolong ordo yang memiliki dua famili, yaitu Family Haimeidae E. Perceval Wright, 1865 dan family baru Tairoridae Bayer and Muzik; satu genus, yaitu Tairaroa; dan satu spesies, yaitu *Tairaroa tauhou*, gen. nov., sp. nov (Gambar 83). Ordo Protoalcyonaria memiliki karakter, yaitu secara permanen soliter, Octocorallia monomorfik yang tersusun dari autozoid tunggal. Family Tairoridae, fam. nov. adalah Protoalcyonarian dengan polip silinder yang tinggi dan silinder yang benamkan pada substrat lunak oleh holdfats berserabut banyak, terbagi secara jelas menjadi anthostele dan anthocodia retraktif. Anthostele ditutupi oleh kutikula tipis. Dinding tubuh didukung oleh ikatan sklerit berkapur yang kuat. Jika dibandingkan dengan Family Haimeidae, yang polip-polipnya melekat secara langsung

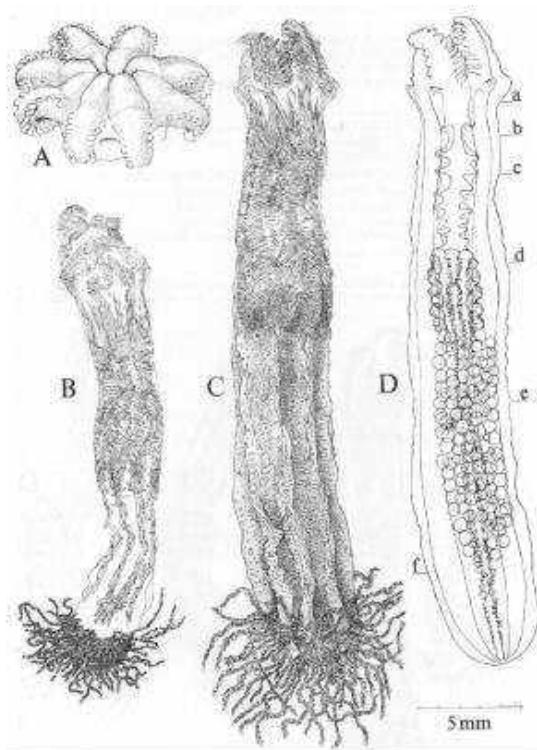
Morfologi dan Anatomi

pada substrat yang padat dan tidak memiliki holdfasts yang berstolon atau berfilamen, serta sklerit dari anthostele adalah *octoradiates* dan anthocodia yang rumit dan tubuhnya bercabang (Bayer dan Muzik, 1976).

Genus *Taiaroa*, gen. nov. adalah anggota *Taiaroa* dengan anthostele yang mengandung *spindle spinal* secara longitudinal yang tersusun dalam delapan saluran interseptal; anthocodia sepenuhnya retraktil, dilengkapi dengan delapan kumparan *spindle* di bawah tentakel (Gambar 84), dipisahkan oleh delapan saluran sempit *spindle* yang ditempatkan secara longitudinal sepanjang selipan septa. Tentakel dan pinnules banyak disuplai dengan batang *spinous*, sklerit dari *introvert* kebanyakan melintang, yang bagian atasnya membentuk sebuah kerah di bawah titik-titik *subtentacular*, dengan mana mereka secara berkala bergabung dengan *spindle* yang ditempatkan secara longitudinal pada *anthostele*. Secara etimologi, nama *Taiaroa* adalah nama salah satu tebing dasar laut di mana hewan ini pertama kali didapatkan (Bayer dan Muzik, 1976).



Gambar 83. A-D, spesimen *Tiaroa tauhou* yang diawetkan dalam berbagai tahap retraksi.



Gambar 84. Struktur *Tiaroa tauhou*. A, tentakel dijulurkan, diambil dari foto hewan hidup. - B, Spesimen yang diawetkan dengan anthocodia yang tertekan, kutikula dilepaskan; anthostele lebih pendek dari biasanya. - C, Sepenuhnya dikembangkan, spesimen *exsert.* ~ D, Daerah utama polip polos tertanam dalam resin epoksi sebelum disayat

7. Struktur Anatomi

a. Sistem Rangka

Walaupun karang lunak (*Octocorallia*) dan karang batu (*Scleractinia*) mirip, tetapi karang lunak mempunyai tubuh lebih lunak karena tidak mempunyai kerangka kapur luar yang keras. Sebagai gantinya, karang lunak ditunjang oleh tangkai berupa jaringan berdaging yang diperkuat suatu matriks dari partikel-partikel kapur mikroskopis di dalam tubuhnya yang disebut skelerit. Bentuk skelerit ini kadang-kadang mirip dengan spikula yang terdapat pada sponge, tetapi bentuk skelerit lebih bervariasi. Bentuk, ukuran dan ornamen dari skelerit sangat berguna untuk identifikasi. Karena karang lunak sangat susah diidentifikasi hanya berdasarkan gambar atau foto dari koloni saja, maka identifikasi sebagian besar bergantung pada penelitian mikroskopik dari contoh spesimen (Allen dan Steene, 1994).

Rangka pada karang batu (*Scleractinia*) merupakan rangka luar/exoskeleton, yaitu *corallum*-nya, sedangkan pada *Octocorallia* merupakan rangka dalam/endoskeleton, yaitu sklerit. Keduanya terbangun dari kalsium karbonat yang dalam bentuk aragonite pada karang batu, dan calcite pada *Octocorallia*. *Corallum* pada karang batu terbentuk pada *calicoblastic epithelium*, sedangkan sklerit dibentuk oleh sel-sel *sclerocytes* di dalam koenokim.

Morfologi dan Anatomi

Octocorallia menghasilkan sklerit berkapur di dalam jaringan lunaknya sebagai pendukung internal (Fabricius dan Alderslade 2001), dan umumnya dianggap tidak memberikan kontribusi terhadap struktur terumbu, namun penemuan pada struktur batuan menunjukkan bahwa sklerit Octocorallia adalah salah satu penyusun batuan tersebut, yang diisitilakan spiculite (Konishi 1981). Hasil penemuan tersebut menunjukkan bahwa biomassa Octocorallia memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan dan pembangunan terumbu (Schuhmacher 1997). Umumnya spiculites terbuat dari penyatuan sklerit-sklerit dari Octocorallia Family Alcyoniidae, order Alcyonacea. Spiculite Sinularia berkontribusi terhadap dasar terumbu karang di Great Barrier Reef bagian tengah sejak akhir jaman es (Johnson and Risk 1987). Meskipun batuan spiculite telah ditemukan dibanyak kawasan, namun mekanisme penyemenan sklerit ke dalam lapisan batuan kapur yang padat tidak banyak diketahui (Jeng *et al.*, 2011).

Diantara koloni Octocorallia, sklerit berkapur di dalam koenokim berfungsi sebagai pendukung fisik dan pertahanan terhadap predasi (Alstyre *et al.*, 1992) dan kemungkinan dapat meningkatkan kemampuan organisme terhadap hempasan arus yang kuat (Lin dan Dai 1997). Pembentukan sklerit dapat diawali secara intraselluler pada sel sclerocytes primer, diikuti oleh proses pertumbuhan extraselluler yang diatur oleh

sclerocytes sekunder (Grillo *et al.*, 1993). Kemungkinan yang lain berhubungan dengan mekanisme pembentukan dan pertumbuhan di dalam sclerocytes yang mengandung sejumlah vakuola-vakuola pembentuk sklerit (Kingsley dan Dupree 1993).

Sklerit ini diekresikan oleh sel-sel ektodermal dan mempunyai ukuran panjang sekitar 0.01 sampai 10 mm. Sklerit ini mempunyai bentuk yang berbeda tergantung pada bagian mana kita mengambilnya. Untuk mengidentifikasi suatu jenis diperlukan pengambilan sampel sklerit dari permukaan koloni, bagian dalam koloni, batang dan cabang koloni, dan dari polip (Fossa dan Nilsen, 1998). Pada beberapa jenis dari Ordo Octocorallia, sklerit dapat membentuk massa dan dapat memperluas bagian basal koloni, sehingga berperan langsung dalam membentuk terumbu karang (Grzimek, 1974).

Dalam terminologi istilah spikula dipakai untuk nama umum bagi kerangka kapur yang menyokong tubuh karang lunak, baik itu berbentuk pipih, seperti sisik atau seperti kumparan. Istilah sklerit dipakai pada spikula yang bentuknya seperti kumparan atau jarum tebal yang berukuran besar, dengan kedua ujung yang runcing atau agak runcing. Sklerit berasal dari kata sklerosis yang berarti keras. Umumnya dijumpai pada bagian basal atau tangkai terutama di jaringan koenensim sebelah dalam (internal). Sklerit yang berbentuk kumparan memiliki tonjolan-

Morfologi dan Anatomi

tonjolan (tuberculum) yang tersusun rapi dan mencirikan masing-masing jenis. Tonjolan ini hanya tampak perbesaran di atas 200 kali dengan mikroskop. Dalam identifikasi, yang lebih berperan ialah bentuk umum dari sklerit, ada yang lurus, ada pula yang bercabang. Untuk selanjutnya, karena umumnya bentuk sklerit pada anggota Alcyonacea hampir sama, maka untuk keperluan identifikasi yang menjadi patokan ialah spikula pada bagian lobus (internal dan eksternal) dalam hal ini disebut “top”, dan pada bagian tangkai atau basal (eksternal) dan disebut “base”. Bila ada sklerit yang bentuknya tidak umum baru diuraikan secara rinci dengan gambar (Manuputty, 2002).

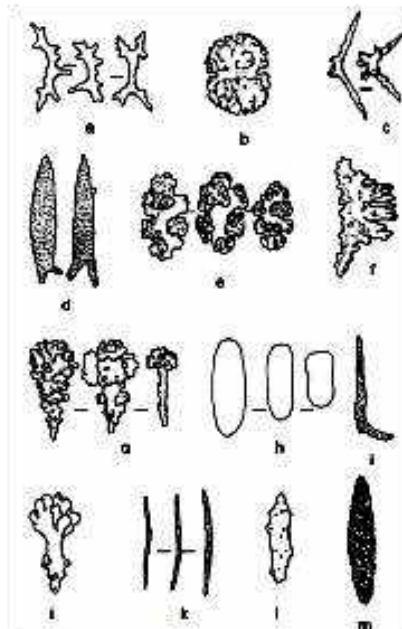
Beberapa istilah bentuk-bentuk sklerit dari golongan Alcyonaceae menurut (Manuputty, 2002) adalah sebagai berikut: **Antler** adalah bentuk sisik, kecil dan bercabang tak beraturan, (Gambar 85a). Contoh: *Denronephthya*; **Barrel, Double spher** adalah seperti silinder pendek dengan kedua ujung melebar yang disebut kepala (*head*), dan berduri (*warty head*) jarak antara kedua kepala sangat pendek, (Gambar 85b). Contoh: *Cladiella* dan *Lobophytum*; **Bracket** adalah sklerit seperti lengkungan dengan dua tonjolan duri yang panjang dan yang di tengah agak pendek, (Gambar 85c) Contoh: *Lemnalia*; **Branched spindle** adalah bentuk kumparan besar dengan salah satu atau kedua ujung bercabang, (Gambar 85d). Contoh: *Sinularia*; **Capstan** adalah seperti kumparan kecil

berujung tumpul (rod) dengan tonjolan duri yang menggerombol teratur, (Gambar 85e). Contoh: *Lobophytum*; **Caterpillar** adalah seperti kumparan dengan salah satu sisi berduri, (Gambar 85f). Contoh: *Nephtheidea*; **Clubs** adalah seperti kumparan kecil dengan salah satu ujung melebar dan ujung lainnya runcing, (Gambar 85g). Contoh: Alcyonacea; **Finger-Biscuitlike** adalah seperti sisik kecil dan pipih atau “rod” yang pipih, (Gambar 85h). Contoh: *Anthelia*, *Xenia*; **Hockey-Stick spindle** adalah bentuk spikula seperti seperti pemukul hockey, (Gambar 85i). Contoh: *Dendronephthya*; **Leptoclades-type club** adalah club dengan bagian kepala berbentuk daun yang menguncup, ujung bawah (*handle*) memiliki tonjolan duri, (Gambar 85j). Contoh: *Sinularia*; **Needle** adalah seperti jarum, tanpa tonjolan, (Gambar 16k). Contoh: *Lemnalia*; **Shuttle** adalah seperti club, tanpa kepala, tanpa atau dengan sedikit tonjolan duri, (Gambar 85l). Contoh: *Lobophytum*; **Spindle** adalah kumparan lurus atau melengkung dengan kedua ujung runcing, (Gambar 85m). Contoh: umumnya pada jaringan koenensim bagian basal (base). **Thorn club** adalah club dengan bagian kepala (head) memiliki tonjolan duri yang padat, (Gambar 85g). Contoh: *Sinularia*.

Spikula dapat dipisahkan dari jaringan karang dengan bantuan larutan klorin (Natrium hypochlorit). Untuk identifikasi, spikula diambil dari bagian atas yang terdiri dari jaringan internal dan eksternal. Demikian pula dari

Morfologi dan Anatomi

bagian bawah atau tangkai/basal. Cuplikan jaringan masing-masing diletakkan dalam gelas objek, diberi larutan klorin yang fungsinya untuk melarutkan jaringan karang. Sesudah itu dilakukan pencucian dengan air untuk menghilangkan larutan klorin dan sisa jaringan. Kemudian diamati di bawah mikroskop. Pengamatan spikula dengan perbesaran 10 x 40 kemudian digambar (Manuputty, 2002).



Gambar 85. Bentuk-bentuk spikula pada anggota Alcyonacea (Bayer *et al.*, 1983 dalam Manuputty, 2002)

Distribusi bentuk-bentuk sklerit pada Octocorallia berdasarkan generanya menurut Janes (2008) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Bentuk-Bentuk Sklerit Berdasarkan Genera Octocorallia (Janes, 2008)

Genus	Strong Club	Weak Club	Spindle	Rod	Platelet	Capstan	Scaphoid	Double Head	Other	Colored ^{*)}
Soft Corals										
<i>Lobophytum</i>		X	X							
<i>Sarcophyton</i>	X		X							
<i>Sinularia</i>	X		X							
<i>Cladella</i>					X			X		
<i>Klyxum</i>			X	X						
<i>Nephthea</i>			X			X				
<i>Lemnalia</i>				X						
<i>Capnella</i>	X					X				
<i>Xenia</i>					X					
<i>Heteroxenia</i>					X					
<i>Anthelia</i>				X						
<i>Sansibia</i>					X					
<i>Clavularia</i>			X	X						
<i>Briareum</i>			X							
Gorgonians										
<i>Gorgonia</i>			X				X			X
<i>Pterogorgia</i>			X	X			X			X
<i>Pseudopterogorgia</i>			X				X			X
<i>Eunicea</i>	X		X	X					X	X
<i>Plexaura</i>	X		X	X						X
<i>Plexaurella</i>			X						X	
<i>Pseudoplexaura</i>	X		X			X				X
<i>Muricea</i>			X			X				X

^{*)} Column indicates some sclerites are colored but not necessarily all sclerites or all species in this genus.

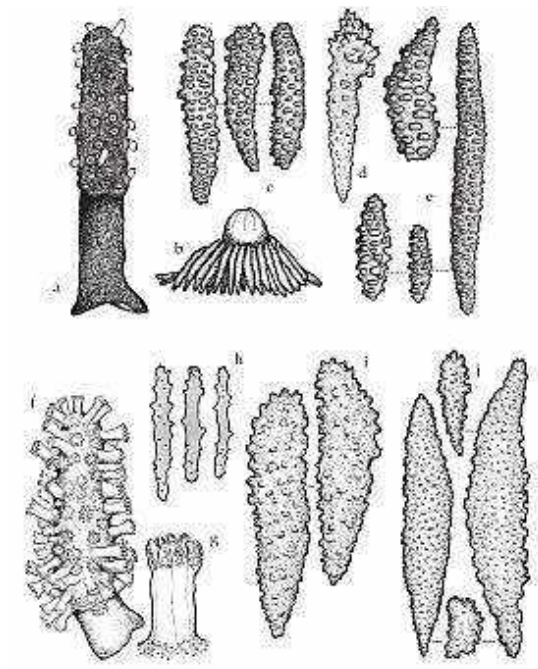
b. Karakter Sklerit Octocorallia

Setiap jenis Octocorallia memiliki sklerit tersendiri dan khas, baik bentuk maupun ukurannya. Di bagian awal

Morfologi dan Anatomi

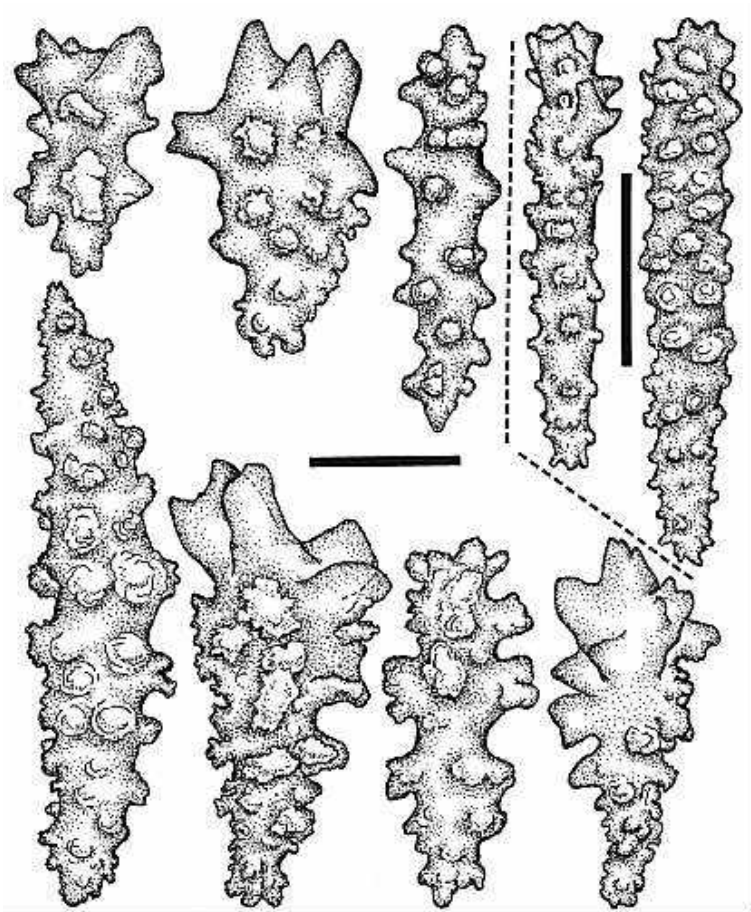
pada Bab ini telah dijelaskan bentuk-bentuk dan nama-nama sklerit pada Octocorallia. Karakter-karakter sklerit ini dijadikan dasar determinasi mulai dari takson family, genus, sampai pada spesies atau subspesies. Di bawah ini dipaparkan penggambaran karakter sklerit ada beberapa jenis Octocorallia.

- ***Pieterfaurea sinuosa***



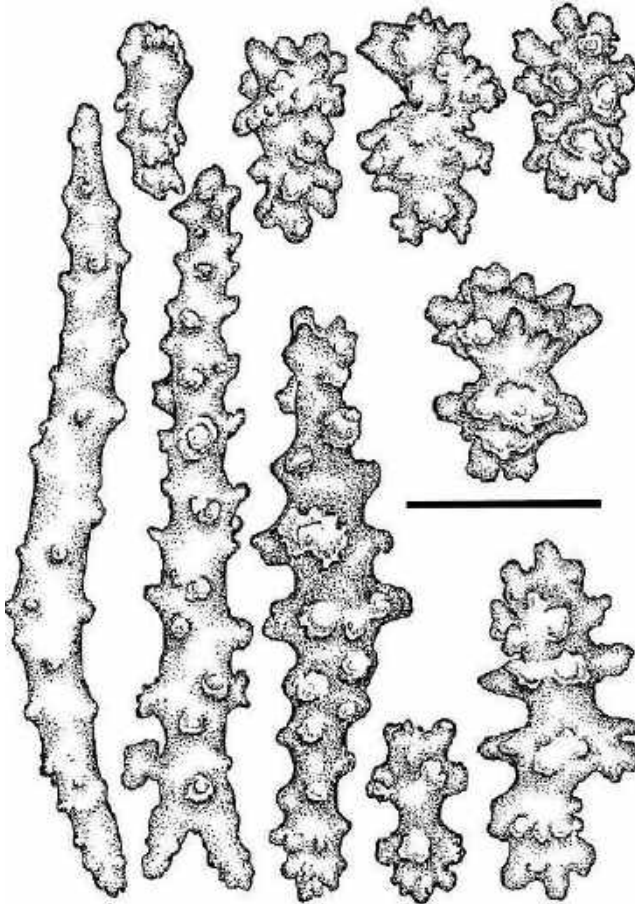
Gambar 86. Karakter Sklerit pada *Pieterfaurea Sinuosa* (William, 1988)

- *Pieterfaurea lampas*



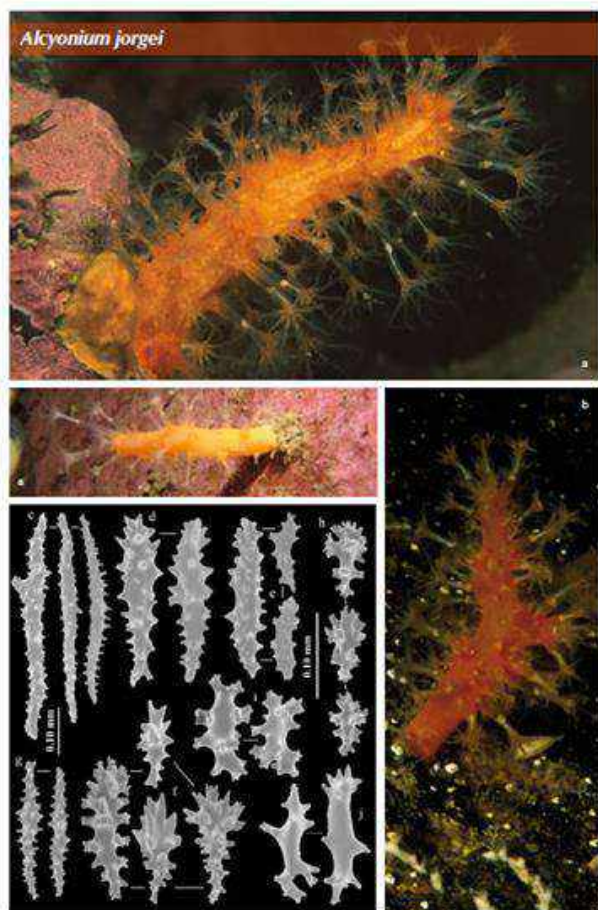
Gambar 87. Karakter Sklerit *Pieterfaurea Lampas*
(William, 1988)

- *Pieterfaurea equicalceola*



Gambar 88. Karakter Sklerit *Pieterfaurea Equicalceola*
(William, 1988)

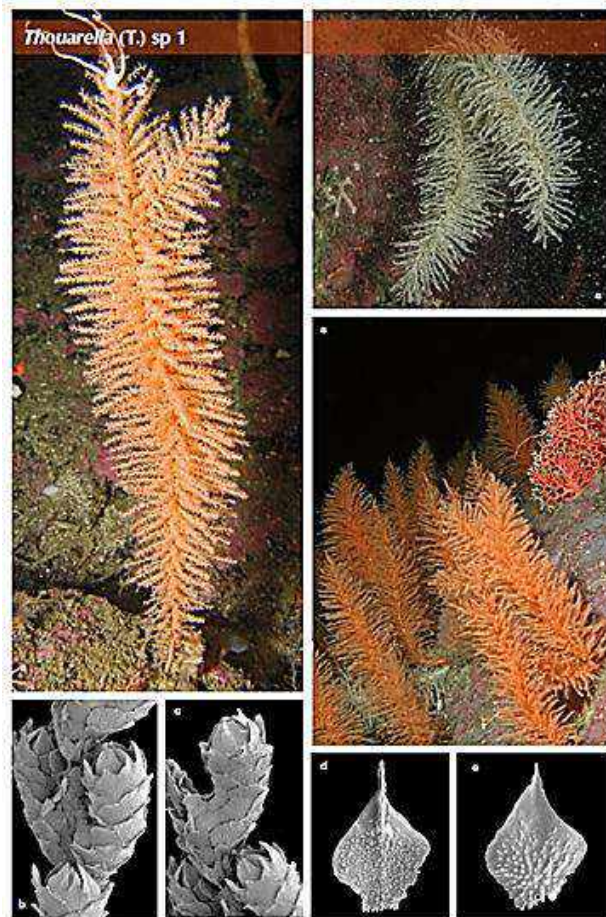
- *Alcyonium jorgei*



Gambar 89. Karakter Sklerit *Alcyonium Jorgei*
(Ofwegen *et al.*, 2007)

Morfologi dan Anatomi

- *Thouarella* sp



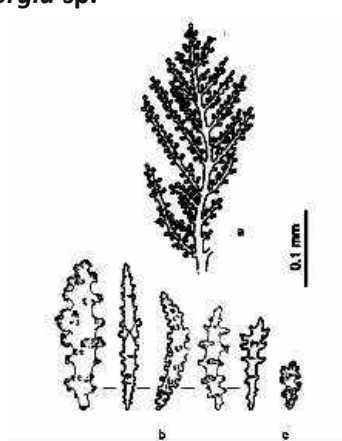
Gambar 90. Karakter sklerit *Thouarella* sp
(Ofwegen *et al.*, 2007)

- *Tubipora musica*



Gambar 91. Karakter sklerit *Tubipora musica* (Manuputty, 2002)

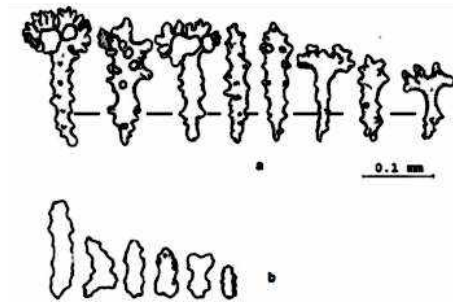
- *Coelogorgia sp.*



Gambar 92. Karakter Sklerit *Coelogorgia sp* (Manuputty, 2002)

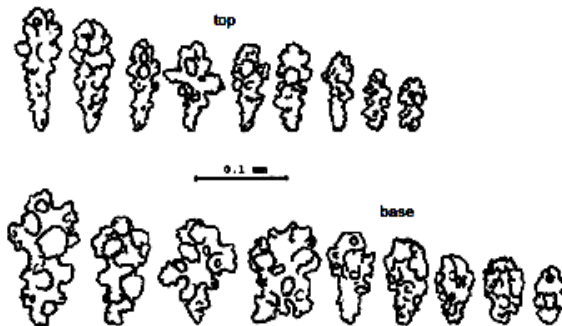
Morfologi dan Anatomi

- *Sinularia brassica*



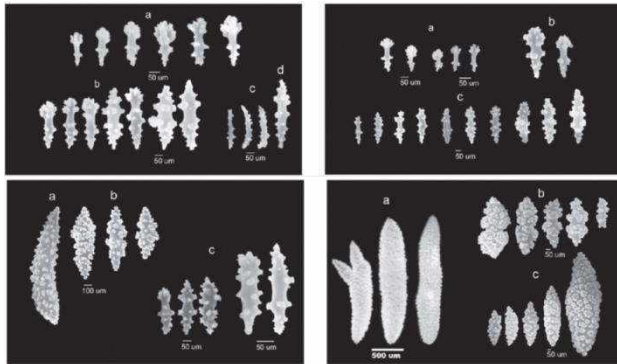
Gambar 93. Karakter Spikula *Sinularia Brassica*
(Manuputty, 2002)

- *Sinularia flexibilis*



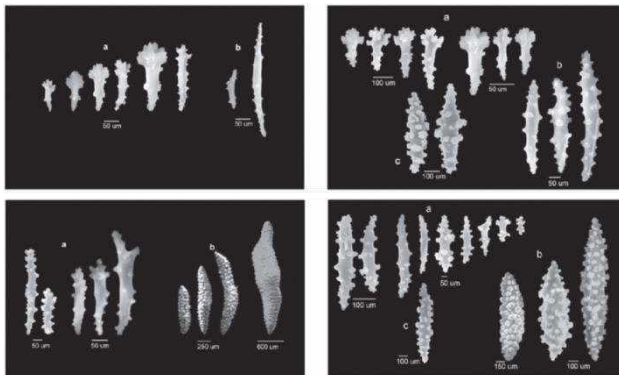
Gambar 94. Karakter Sklerit *Sinularia Flexibilis*
(Manuputty, 2002)

- *Sinularia parulekari*



Gambar 95. Karakter Sklerit *Sinularia Parulekari*
(George et al., 2007)

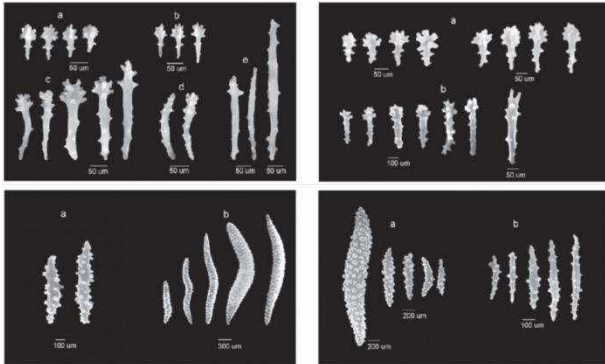
- *Sinularia jasmineae*



Gambar 96. Karakter Sklerit *Sinularia Jasmineae*
(George et al., 2007)

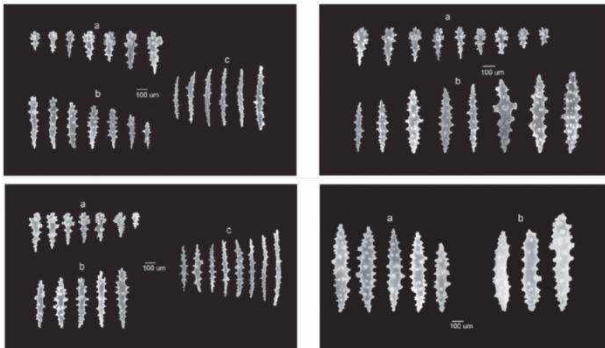
Morfologi dan Anatomi

- *Sinularia kavarattiensis*



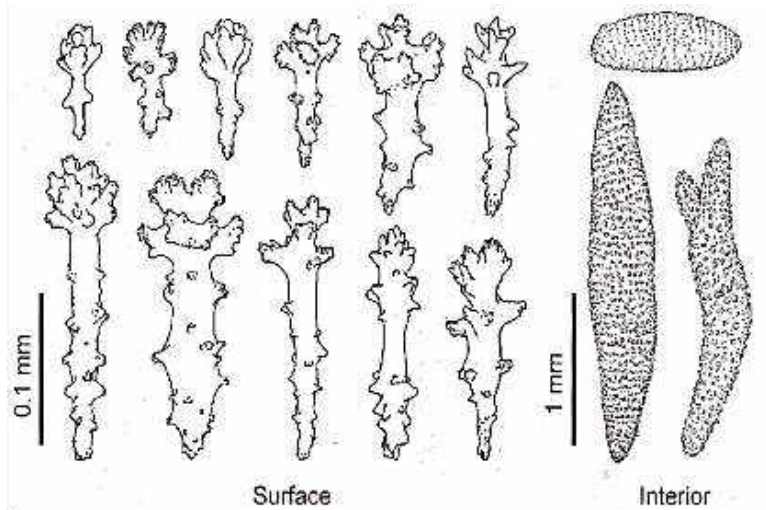
Gambar 97. Karakter Sklerit *Sinularia Kavarattiensis*
(George et al., 2007)

- *Sinularia elegans*



Gambar 98. Karakter Sklerit *Sinularia Elegans*
(George et al., 2007)

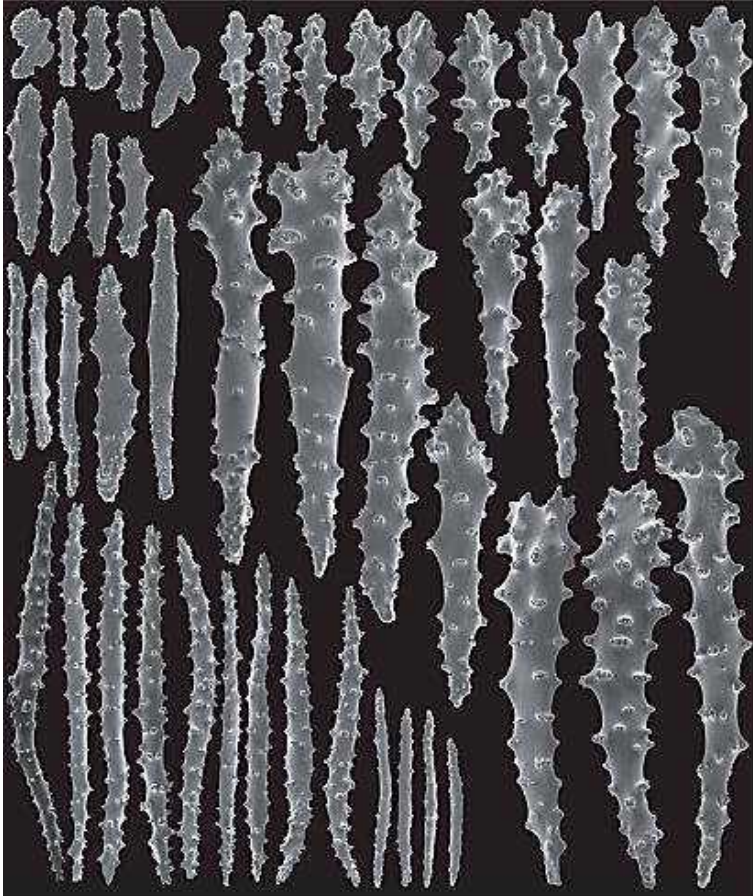
- *Sinularia* spp



Gambar 99. Karakter Sklerit *Sinularia* spp.
(Manuputty, 2010)

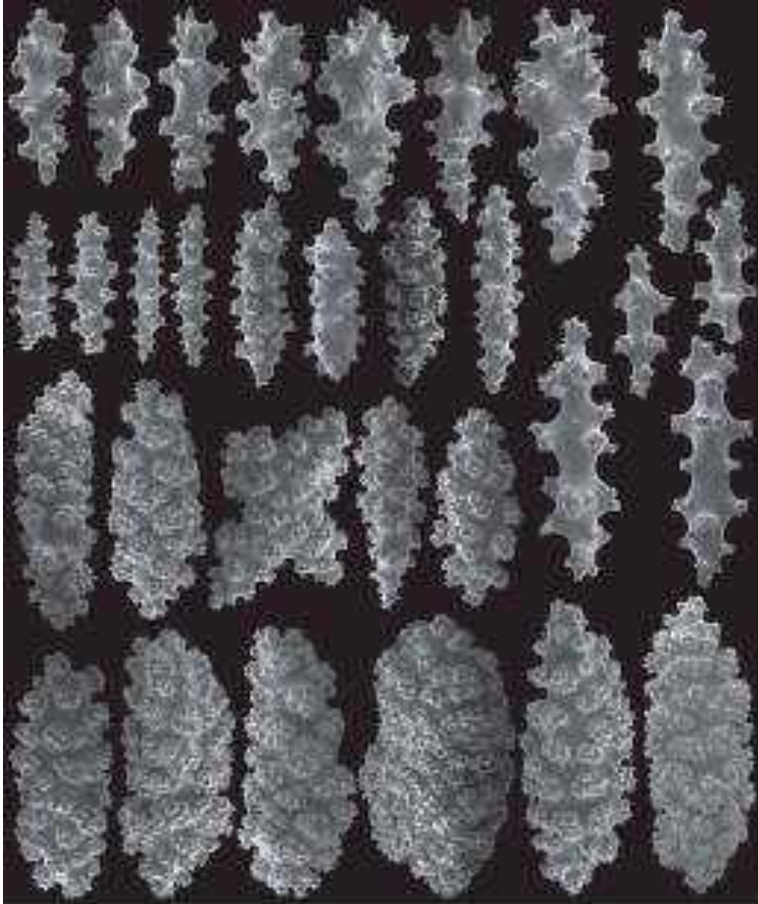
Morfologi dan Anatomi

- *Sarcophyton subviride* (1)



Gambar 100. Karakter Sklerit *Sarcophyton Subviride* (1)
(Benayahu, 2012)

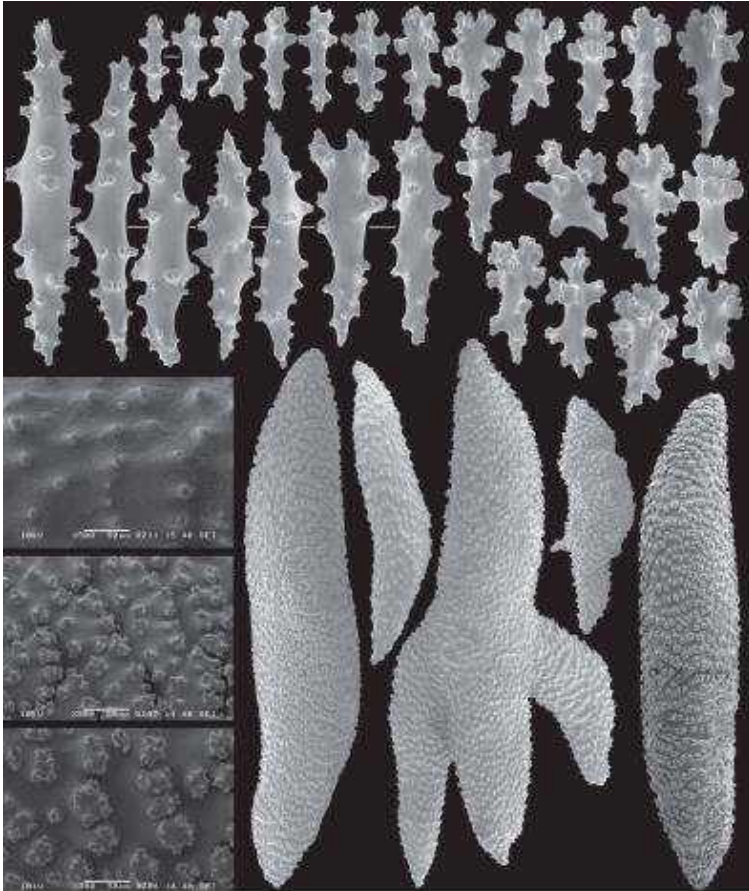
- *Sarcophyton subviride* (2)



Gambar 101. Karakter sklerit *Sarcophyton subviride* (2)
(Benayahu, 2012)

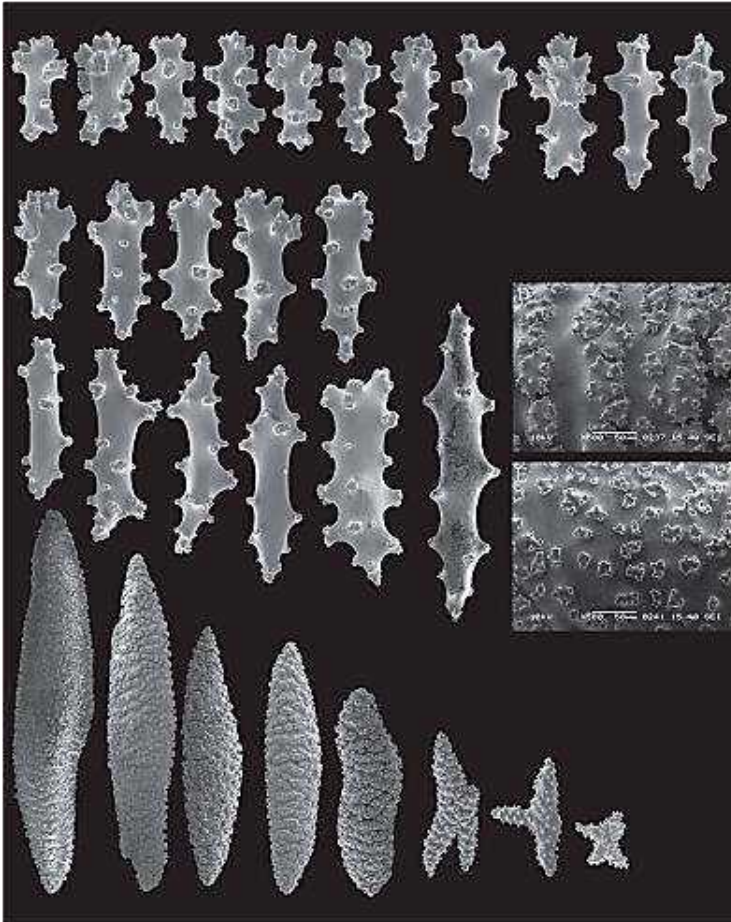
Morfologi dan Anatomi

- *Sinularia shlagmani* (1)



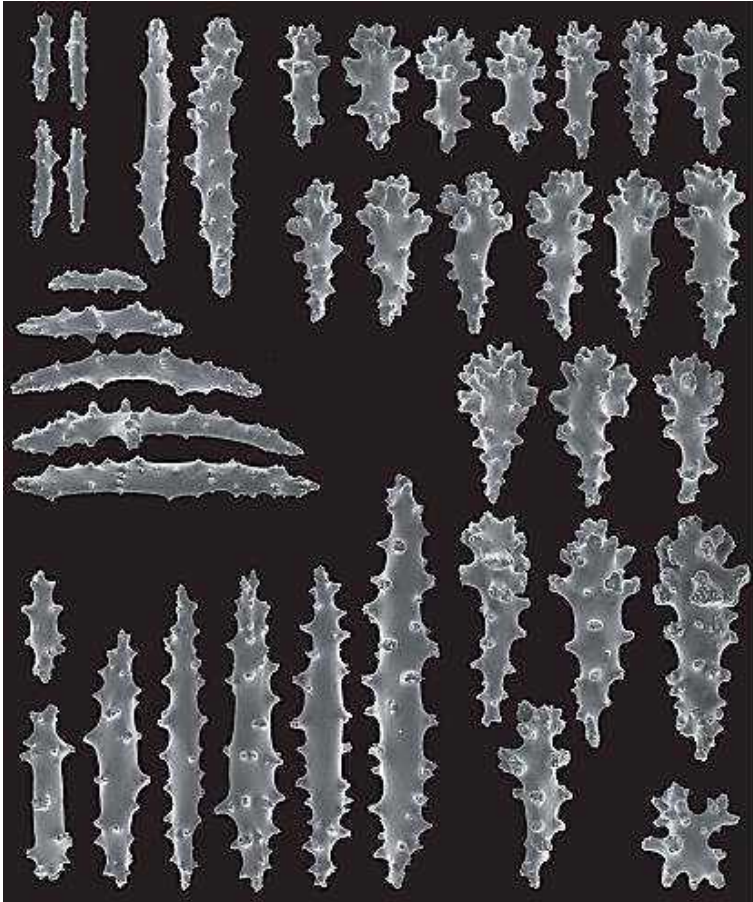
Gambar 102. Karakter sklerit *Sarcophyton shlagmani* (1)
(Benayahu, 2012)

- *Sinularia shlagmani* (2)



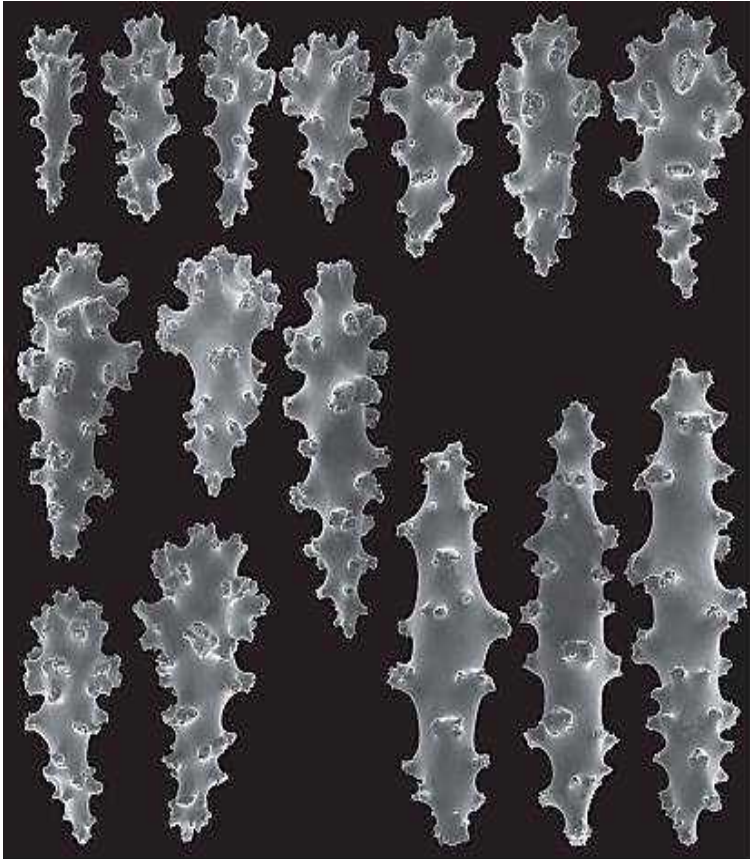
Gambar 103. Karakter Sklerit *sarcophyton shlagmani* (2)
(Benayahu, 2012)

- *Sinularia tessieri* (1)



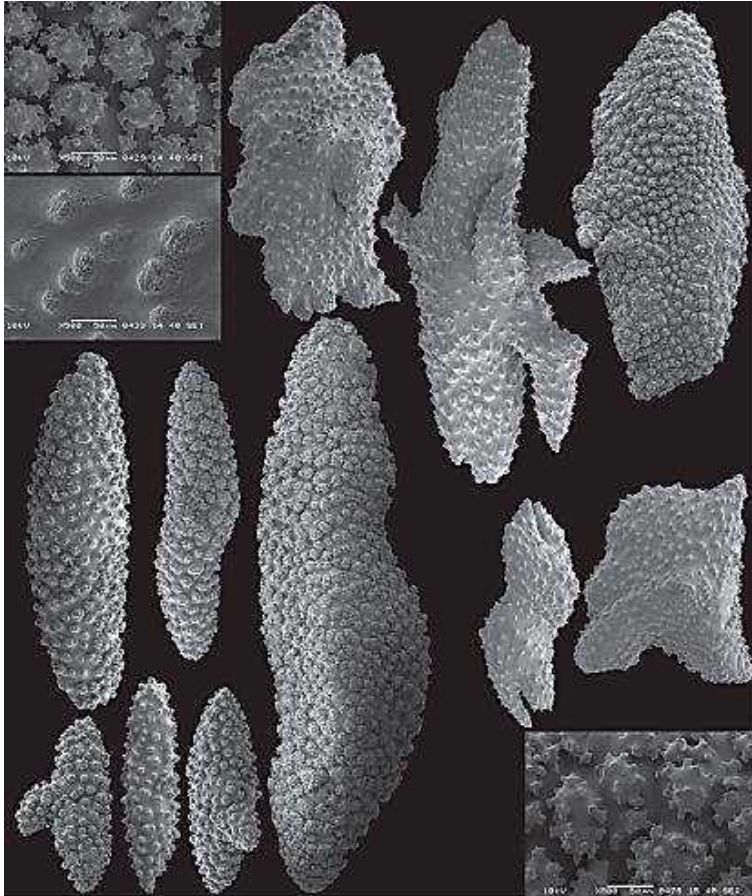
Gambar 104. Karakter sklerit *Sarcophyton tessieri* (1)
(Benayahu, 2012)

- *Sinularia tessieri* (2)



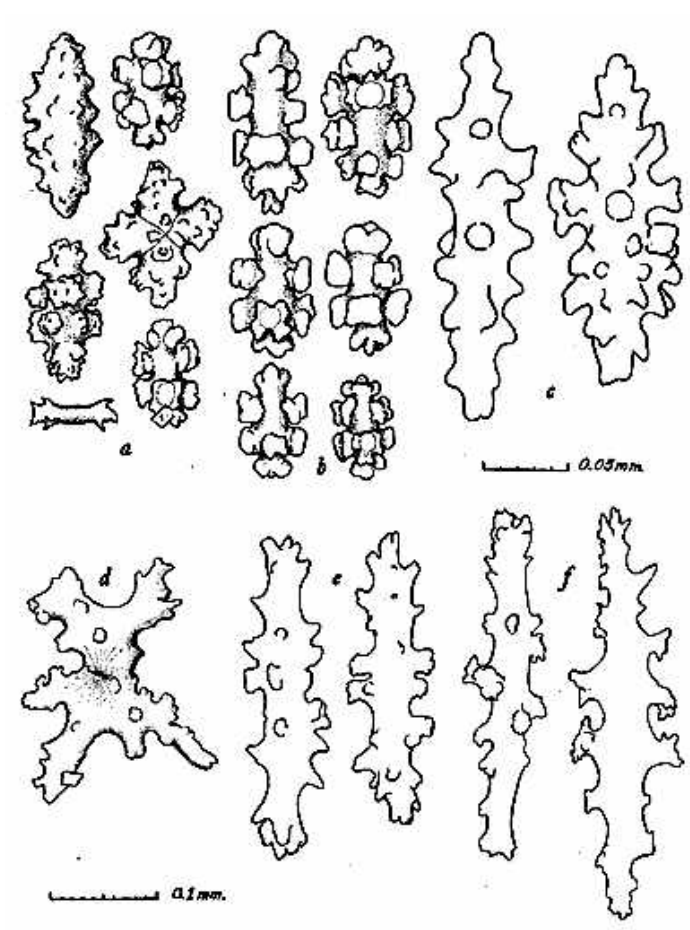
Gambar 105. Karakter Sklerit *Sarcophyton Tessieri* (2)
(Benayahu, 2012)

- *Sinularia tessieri* (3)



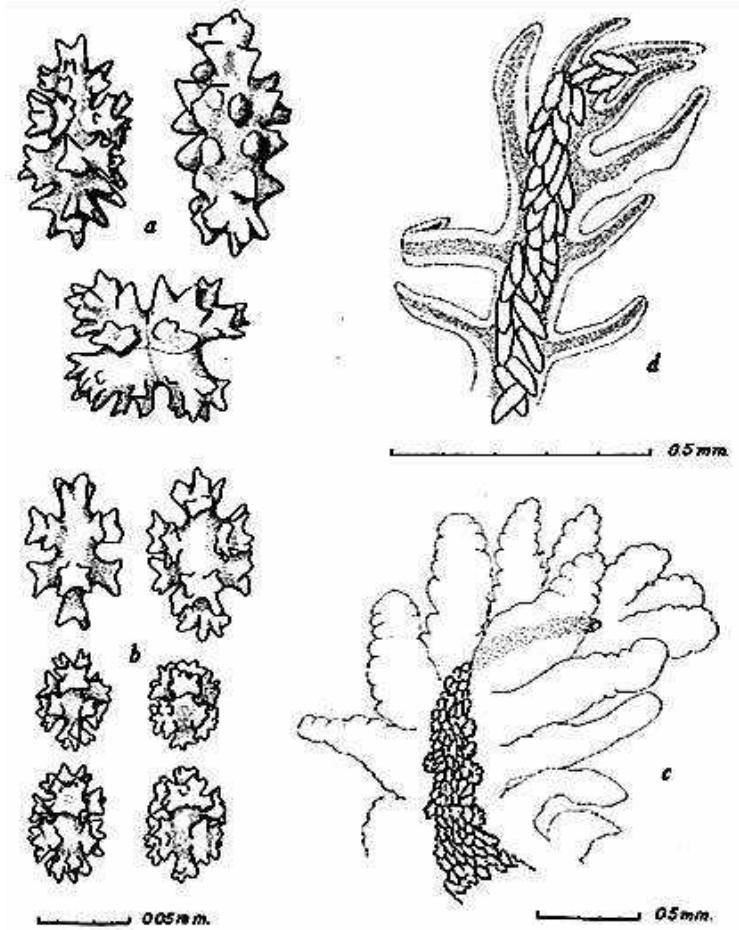
Gambar 106. Karakter sklerit *Sarcophyton tessieri* (3)
(Benayahu, 2012)

- *Paragorgia dendroides*



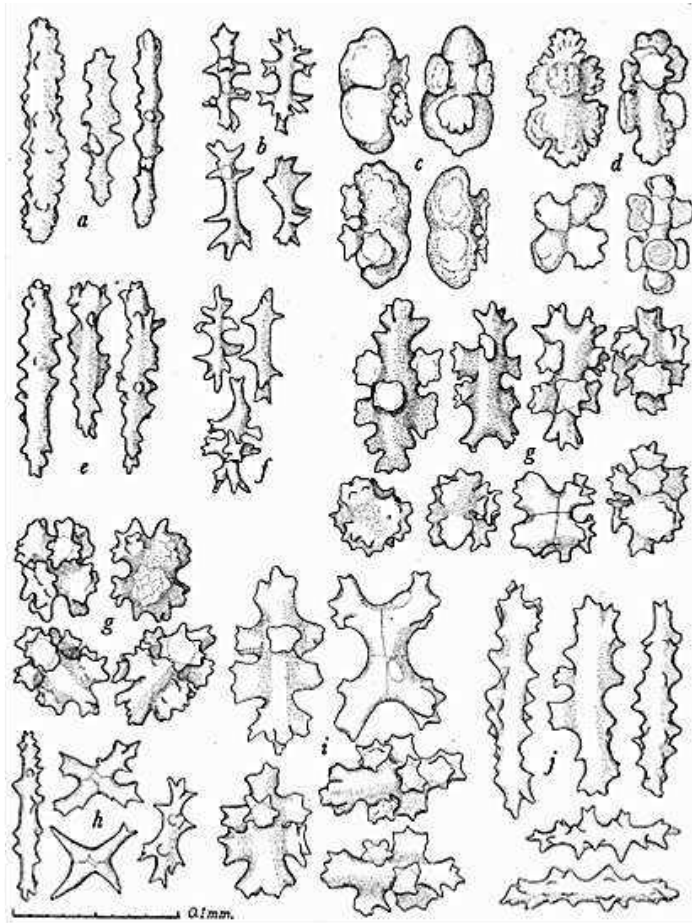
Gambar 107. Karakter Sklerit *Paragorgia Dendroides*
(Bayer, 1956)

- *Paragorgia arborea*



Gambar 108. Karakter sklerit *Paragorgia arborea*
(Bayer, 1956)

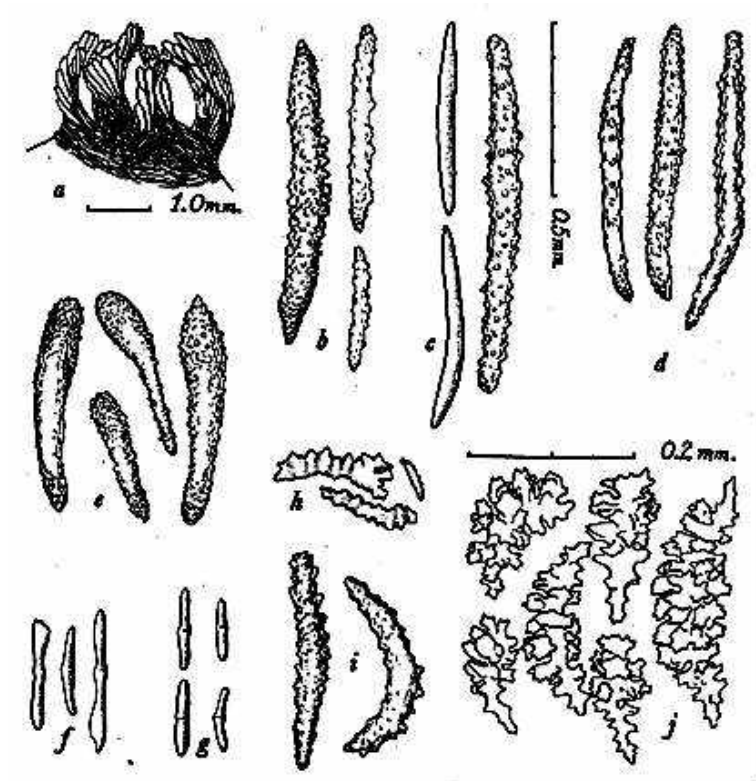
- *Corallium* spp.



Gambar 109. Karakter Sklerit *Corallium* spp.
(Bayer, 1956)

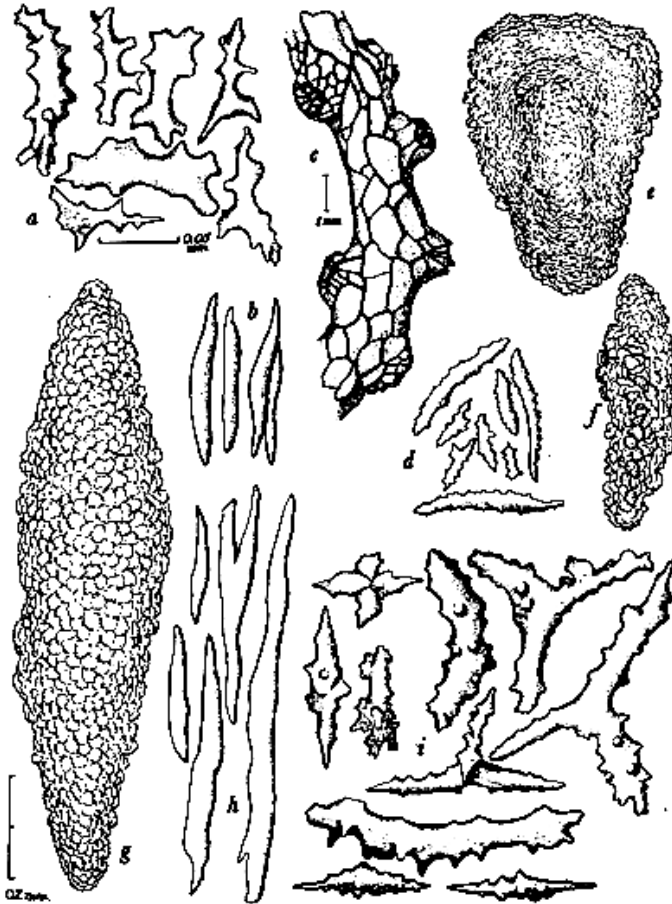
Morfologi dan Anatomi

- *Anthothela nuttingi*



Gambar 110. Karakter Sklerit *Anthothela nuttingi*
(Bayer, 1956)

- *Keroeides fallax*



Gambar 111. Karakter Sklerit *Keroeides Fallax*
(Bayer, 1956)

8. Karakteristik Kerangka Karang Mulia dan Semi-Mulia (*Precious and Semi-Precious Corals*)

Secara historis, istilah "karang mulia" yang dimaksud adalah spesimen dari Genus *Corallium* (karang merah dan merah muda) yang digunakan dalam perhiasan manufaktur dan benda seni. Saat ini "karang yang mulia" sering digunakan lebih umumnya sebagai istilah untuk setiap spesies karang yang digunakan untuk perhiasan dan benda lainnya yang bernilai tinggi. Karang mulia dan semi mulia karang adalah istilah untuk berbagai jenis karang yang digunakan untuk perhiasan dalam perdagangan internasional. Definisi "mulia" vs "semi mulia" agak berlebihan, tetapi untuk tujuan publikasi ini karang mulia adalah karang yang memiliki kerangka yang keras dan padat, serta dapat dengan mudah dipoles, dan semi mulia adalah karang yang memiliki kerangka berpori yang tidak membutuhkan semir yang banyak, tanpa menggunakan resin atau bahan pengkilap lainnya (Cooper *et al.*, 2011).

Karakteristik kerangka karang mulia dan semi-mulia (*Precious and Semi-Precious Corals*) menurut Cooper *et al.* (2011) (yang mengutip beberapa tulisan orang lain) disajikan satu per satu di bawah ini:

a. *Alaskan Gold Coral (Primnoa Lamouroux, 1812)*

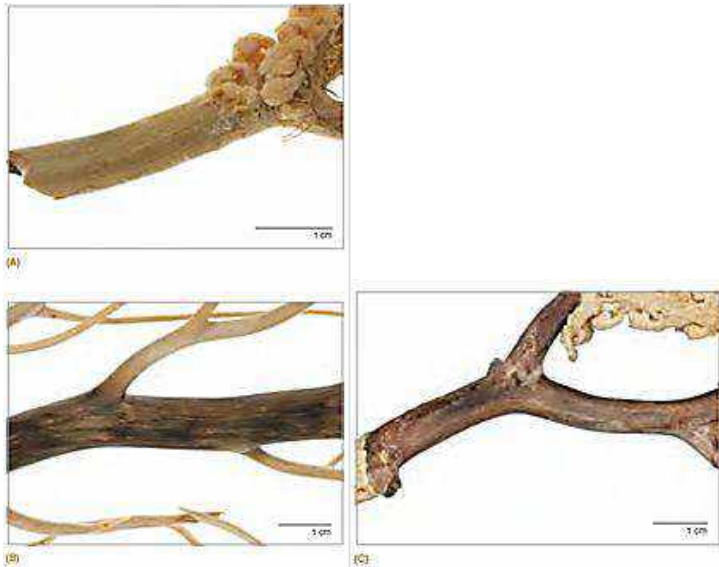
Koloni *Primnoa* adalah bercabang dikotomus dan dalam bentuk seperti pohon (Gambar 112). *Primnoa* bisa melebihi ketinggian dua meter dan lebar tujuh meter. Kerangka *Primnoa* terdiri dari gorgonin protein yang diimpregnasi dengan kalsit (suatu bentuk kalsium

karbonat). Campuran kalsium karbonat dan protein adalah karakteristik dari kerangka dari subordo Calcaxonia. Persentase dari kerangka yang terdiri dari kalsium karbonat relatif kecil. Karena kerangka karang memiliki kalsium karbonat sedikit. Permukaan kerangka *Primnoa* memperlihatkan ridges paralel yang memanjang sekitar 0,5 milimeter (Gambar 112)



Gambar 112. Keseluruhan koloni kering *Primnoa pacifica* yang masih ditutupi dengan jaringan kering.

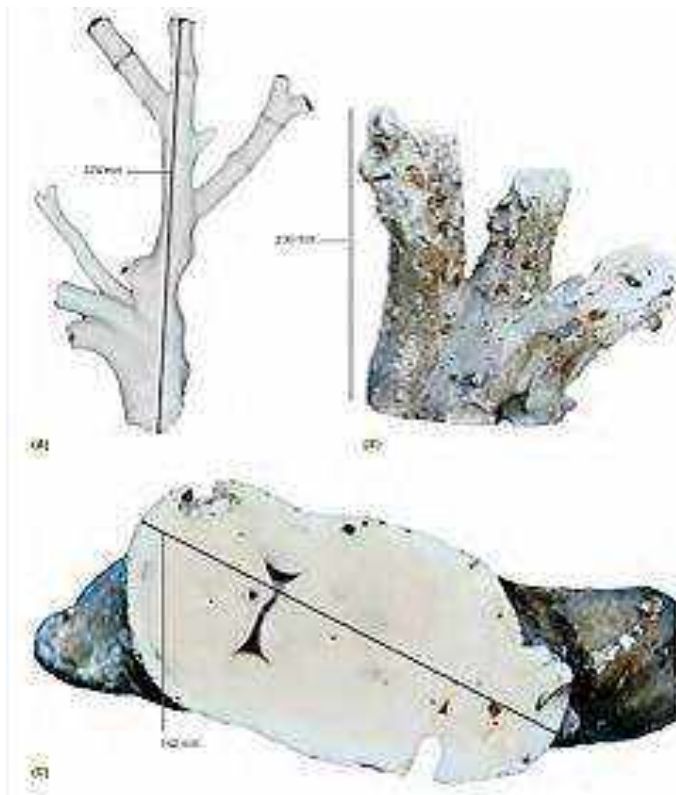
Morfologi dan Anatomi



Gambar 113. Close-up dilihat dari kerangka kering *Primnoa* menunjukkan karakteristik membujur permukaan ridges: (a) *P. pacifica*, (b) *Primnoa* sp, dan (c) *P. resedaeformis*

b. Bamboo Coral (Isididae Lamouroux, 1812)

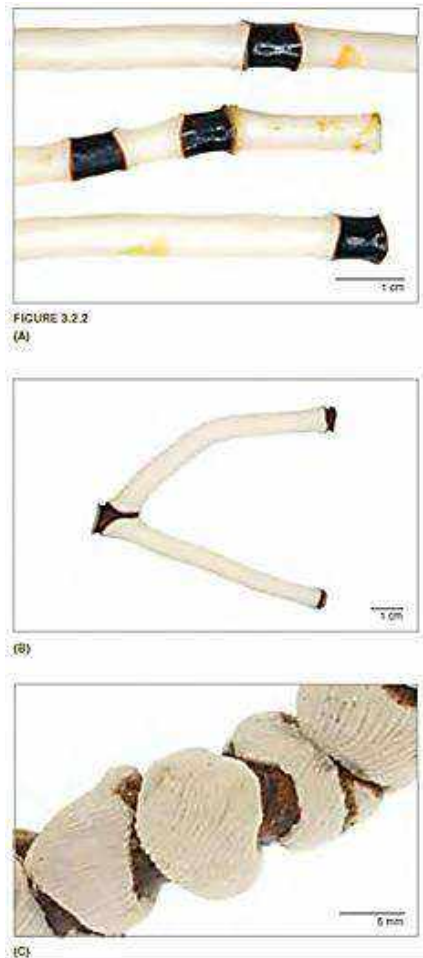
Koloni Isididae dapat memiliki banyak bentuk pertumbuhan. Spesies laut dalam yang mungkin tidak bercabang atau bercabang jarang, sangat padat, dikotomis atau seperti lilin, dan mungkin sangat besar dengan dasar tebal dan dapat mencapai ketinggian lebih dari 10 meter (Gambar 114).



Gambar 114. (A–C) Potongan basal kerangka dari specimen *bamboo coral* yang sangat besar; (C) potongan melintang (B).

Koloni Isididae ditandai dengan kerangka yang terdiri dari ruas berkapur (terdiri dari kalsium karbonat) diselingi dengan node protein gorgonin (Gambar 115)

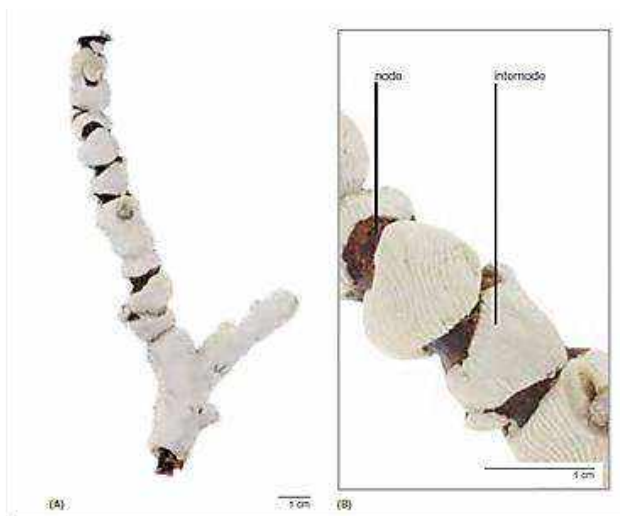
Morfologi dan Anatomi



Gambar 115. Tampilan *Close-up* sepotong *bamboo coral* kering: (A) *Lepidisis olapa*; (B) *Keratoisis paucispinosa*; dan (C) *Isis hippuris*.

c. **Jointed Coral (*Isis hippuris* Linnaeus, 1758)**

Koloni *I. hippuris* yang bercabang lateral tidak teratur seperti kipas angin. Koloni mungkin bercabang kurang padat atau padat. Biasanya cabang pendek, tetapi beberapa koloni memiliki cabang yang panjang seperti cambuk. Koloni *I. hippuris* dikenali dengan kerangka yang terdiri dari ruas berkapur (terdiri kalsium karbonat) diselingi dengan node protein gorgonin, seperti juga semua spesies Isididae lainnya (Gambar 116)



Gambar 116. A) Sepotong yang bersih, dari kerangka karang bersendi yang kering; dan (B) pandangan yang menunjukkan karakteristik morfologi yang terdiri dari internode berkapur dan node bergorgonin.

d. Red and Pink Coral (Coralliidae Lamouroux,1812)

Red and pink coral memiliki nama yang banyak, tergantung negaranya. Di Inggris dinamakan angel skin coral; Midway coral; Midway deep-sea coral; noble coral; pink coral; red coral; red coral of commerce; Sardinia coral. Di Perancis dinamakan coraux rouges; rose corail. Di Jepang dinamakan aka sango (*C. japonicum*); bokè (*C. elatius*); momoiro sango (*C. elatius*); shiro sango (*C. konojoi*); sin kai sango (*Corallium* sp. nov.); middo sango (*C. secundum*). Di Spanyol dinamakan coral rojo; coral rosa; coral Cerdeña. Di Italia Bianco (*C. konojoi*); cerasuolo (*C. elatius*); garnet (*C. sp. nov.*); moro (*C. japonicum*); pelle d'angelo (*C. secundum*); rosato (*C. secundum*); Sardegna (*C. rubrum*); Sciacca (*C. rubrum*).

Sinonim untuk spesies *Corallium* dan *Paracorallium*, bersumber dari Anon. (2009), Appeltans *et al.* (2010), Bayer dan Cairns (2003) dan FAO (2010) dalam Cooper *et al.* (2011) diringkaskan pada Tabel 2.

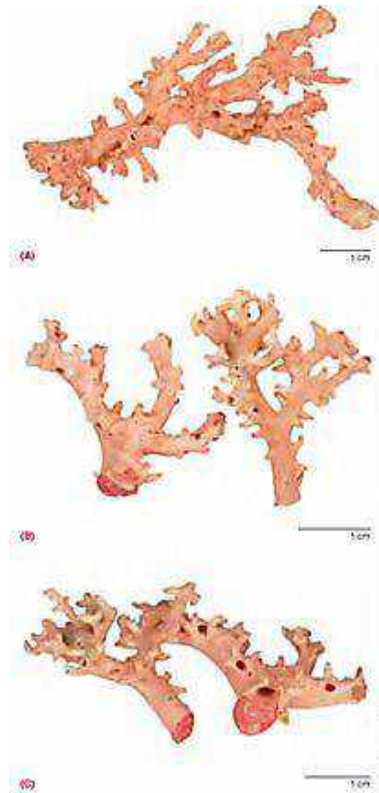
Tabel 2. Sinonim untuk species of *Corallium* dan *Paracorallium*

Current Name	Synonyms
<i>Corallium johnsoni</i> Gray, 1860	<i>Hemicorallium</i> Gray, 1867
<i>Corallium laauense</i> Bayer, 1956	<i>Corallium regale</i> Baco and Shank, 2005 <i>Corallium laanense</i> Bayer and Cairns, 2003
<i>Corallium rubrum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Corallium rubrum</i> Lamarck, 1816 <i>Gorgonia nobilis</i> Linnaeus, 1789 <i>Isis nobilis</i> Pallas, 1768 <i>Madrepora rubra</i> Linnaeus, 1758
<i>Corallium secundum</i> Dana, 1846	<i>Pleurocorallium</i> Gray, 1867
<i>Paracorallium inutile</i> (Kishinouye, 1903)	<i>Corallium inutile</i> Kishinouye, 1903
<i>Paracorallium japonicum</i> (Kishinouye, 1903)	<i>Corallium japonicum</i> Kishinouye, 1903
<i>Paracorallium salomonense</i> (Thomson & Mackinnon, 1910)	<i>Corallium salomonense</i> Thomson & Mackinnon, 1910
<i>Paracorallium stylasteroides</i> (Ridley, 1882)	<i>Corallium stylasteroides</i> Ridley, 1882
<i>Paracorallium tortuosum</i> (Bayer, 1956)	<i>Corallium tortuosum</i> Bayer, 1956
<i>Paracorallium thrinax</i> (Bayer and Stefani, 1996)	<i>Corallium thrinax</i> Bayer and Stefani, 1996
<i>Paracorallium nix</i> (Bayer, 1996)	<i>Corallium nix</i> Bayer, 1996

Koloni Coralliidae bercabang dan seperti kipas angin atau berbentuk semak, memberinya penampilan seperti pohon kecil (Gambar 117). Koloni mungkin mencapai ukuran 50 centimeter. Pola percabangan koloni sering merupakan karakteristik penting untuk mengidentifikasinya. Coralliidae memiliki kerangka aksial padat yang terbuat terutama dari kalsium karbonat (85 persen dari berat basah) dalam bentuk kalsit, ditambah sejumlah kecil unsur-unsur lain dalam matriks organik. Spesimen mati Coralliidae dapat dilapisi dengan sisa-sisa jaringan hidup (Gambar 118), tetapi akan dibersihkan

Morfologi dan Anatomi

sebelum bekerja. Karang biasanya diputihkan sebelum bekerja untuk dibuat sebagai perhiasan.



Gambar 117. (A-B) Potongan koloni *Corallium laauense* yang masih tertutup dengan jaringan kering, (C) pandangan close-up yang dipotong di ujung spesimen (B) menunjukkan warna pink cerah pada kerangka.



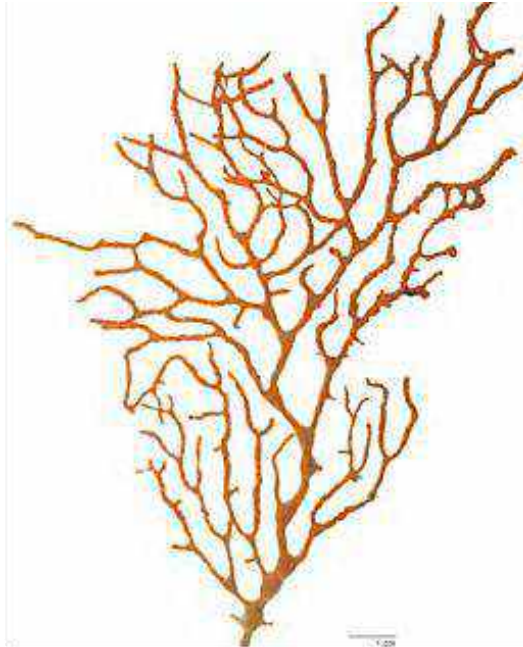
Gambar 118. (A-B) karang merah yang kering (*Corallium rubrum*). Koloni yang masih tertutup dengan jaringan kering

e. Sponge Coral (*Melithaeidae* Gray, 1870)

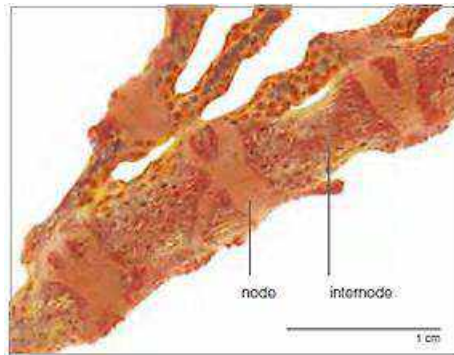
Koloni *Melithaeidae* mungkin lebat atau luas dan seperti kipas dengan percabangan biasanya dimulai pada node gorgonin (Gambar 119). Setidaknya satu spesies (*Melithaea ochracea*) dapat tumbuh ke atas setinggi 1,5 meter dan satu meter ke samping. Kerangka dari *Melithaeidae* tersegmentasi- terdiri dari internode berkapur dan node yang terdiri dari gorgonin (Gambar 120). Keduanya, node dan internode yang berlubang dan

Morfologi dan Anatomi

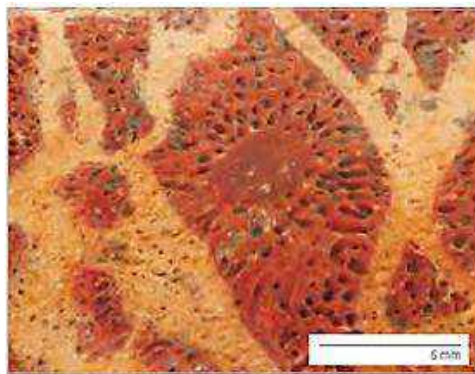
memiliki saluran. Internode dan node dari Melithaeidae termasuk mikroskopis yang pendek, halus, berbentuk batang kumparan yang tak terpisahkan, disatukan bersama-sama di internode berkapur, dan tertanam sebelum terpisah di dalam node gorgonin. Node keras tetapi fleksibel. Permukaan kerangka kering Melithaeidae mungkin mempertahankan sisa-sisa jaringan berwarna cerah mengandung sclerites (Gambar 121).



Gambar 119. Kerangka karang spons yang seluruhnya kering.



Gambar 120. Sepotong koloni karang spons kering yang sebagian telah dibersihkan dari jaringan untuk mengungkap morfologi kerangka yang mendasarinya.



Gambar 121. Sebuah tampilan close-up dari sepotong karang spons.

BAB IV

DISTRIBUSI DAN HABITAT

Jenis-jenis Octocorallia hidup di daerah pasang surut sampai kedalaman 200 m. Umumnya syarat-syarat hidupnya sama dengan karang batu. Hewan ini menyukai perairan yang hangat atau sedang terutama di Indo-Pasifik. Ada beberapa jenis yang dapat hidup sampai ke kedalaman 3.000 m (Manuputty, 2002), seperti pena laut Pennatulacea, karang mulia (*precious corals*) seperti karang merah dan merah muda (*Corallium* spp), dan beberapa jenis karang gorgonian.

1. Pennatulacea (Pena Laut)

Distribusi Pennatulacea memiliki cakupan distribusi yang luas di seluruh dunia. Hal ini diakibatkan karena kemampuan Pennatulacea memanfaatkan habitat bentik di laut yang terdiri dari sedimen terkonsolidasi seperti lumpur, pasir, puing-puing halus, atau lumpur abyssal, banyak spesies yang mampu menghuni wilayah yang luas di dasar laut, tidak seperti banyak organisme lain yang harus menetap pada substrat keras untuk hidup dan melekat. Setidaknya 71% dari pennatulacea di tingkat family dan sekitar 54% pada tingkat genera memiliki distribusi geografis yang sangat luas, beberapa menunjukkan distribusi yang hampir kosmopolitan. 46 % sisanya dari genera secara geografis terbatas ke berbagai daerah di lautan dunia. Beberapa spesies terdistribusi luas dan hampir mencakup di seluruh dunia,

termasuk *Anthoptilum grandiflorum* (Gambar 122), *Distichoptilum gracile*, *Funiculina quadrangularis*, dan *Umbellula lindahli*. Spesies perairan dangkal seperti *Actinoptilum molle*, *Sarcoptilus grandis*, dan *Ptilosarcus gurneyi*, adalah endemik dan terisolasi secara geografis di daerah Afrika Selatan, Australia Selatan, dan Pantai Pasifik Amerika Utara (Tabel 3 dan Gambar 123). Genera perairan dangkal hidup di daerah bersedimen halus yang berasosiasi dengan terumbu karang adalah *Cavernularia*, *Veretillum*, *Sclerobelemnon*, *Scytalium*, *Virgularia* dan *Pteroeides* (Vargas *et al.*, 2008).

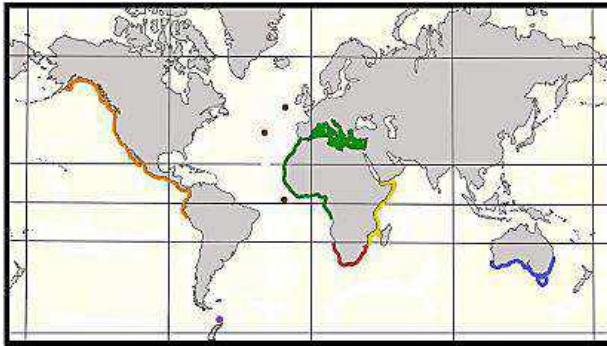
Tabel 3. Tiga puluh lima genera dan spesies Pennatulacea dan distribusi geografisnya yang diambil dari berbagai sumber (Williams, 2011)

Genus	Spp. No.	Distribution	Genus	Spp. No.	Distribution
<i>Acrocyathus</i>	0	North America & New Zealand	<i>Melobanopora</i>	1	Antarctic, subantarctic Africa, southern Australia
<i>Actinoptilus</i>	1	South Africa	<i>Pennatulid</i>	14	Worldwide (distributed)
<i>Amphibalanus</i>	1	Western Indian Ocean	<i>Pteroeides</i>	1	North Africa
<i>Amphibalanus</i>	1	Southernmost Africa	<i>Prionoptilus</i>	8	Atlantic & Pacific Oceans
<i>Archipennatus</i>	5	Circumglobal	<i>Pteropoda</i>	25+	Western Pacific, Eastern Atlantic
<i>Callipennatus</i>	1	Western Atlantic & Indo-Pacific	<i>Ptilosarcus</i>	1	Eastern Pacific
<i>Caerissaria</i>	14	Eastern Atlantic, Indo-Pacific	<i>Rhynchos</i>	8	North & South America
<i>Caerissaria</i>	4	Pacific & Indian Oceans	<i>Sarcophyton</i>	4	Southern Australia
<i>Chelastylus</i>	1-3	Indo-West Pacific	<i>Sclerobelemnon</i>	3	Western Atlantic & Indo-West Pacific
<i>Crotaphytus</i>	2	Eastern Atlantic & Mediterranean	<i>Scleroptilum</i>	1	Southeastern Atlantic, Indian & Pacific Oceans
<i>Distichoptilus</i>	1	Circumglobal	<i>Scytalium</i>	1	Western Indian Ocean
<i>Emmoptilus</i>	6	Indo-Pacific	<i>Syrtidium</i>	3	Indo-West Pacific
<i>Funiculina</i>	3	Circumglobal	<i>Syrtidium</i>	3	Pacific Ocean
<i>Gelidoceras</i>	1	Antarctic Peninsula	<i>Syrtidium</i>	10	North Atlantic, Eastern Pacific, New Zealand
<i>Gangoptilus</i>	2	North Atlantic, Indian Ocean, Western Pacific	<i>Umbellula</i>	6	Worldwide (distributed)
<i>Haplurus</i>	6	Circumglobal	<i>Veretillum</i>	7	Eastern Atlantic & Indo-West Pacific
<i>Hydrocleroneurus</i>	3	Circumglobal	<i>Virgularia</i>	20	Circumglobal
<i>Umbella</i>	10	Indo-West Pacific			

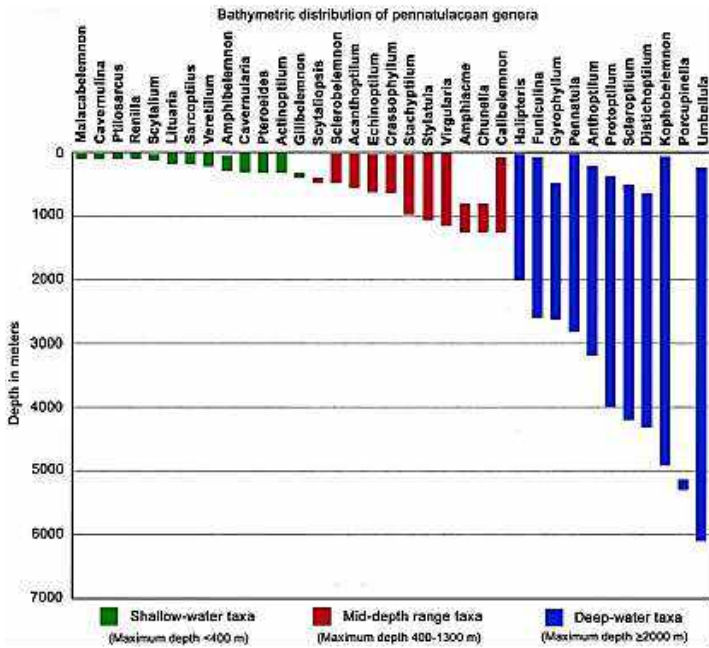
Genera pennatulacea yang dapat dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan rentang batimetriknya: perairan dangkal

Distribusi dan Habitat

(0-400 m), kedalaman kisaran menengah (400-2000 m), dan perairan dalam (2000-6100 m). Spesies dengan rentang lebih mendalam seringkali cenderung memiliki rentang geografis yang lebih besar. Hal ini bisa diduga bahwa dengan laut dalam yang lebih homogen dibandingkan lingkungan pesisir. Pennatulacea yang hidup di perairan terdalam adalah genera *Kophoblemnon*, *Porcupinella* (Genera baru dari Samudera Atlantik, dan *Umbellula* (Vargas *et al.*, 2008).



Gambar 122. Distribusi biogeografi genera dari Pennatulacea. Warna merupakan daerah endemik khusus untuk genera tertentu: *Ptilosarcus* (oranye), *Gilibelemnon* (violet), *Porcupinella* (cokelat), *Sarcoptilus* (biru), *Crassophyllum* (hijau), dan *Amphibelemnon*, *Actinoptilum* (merah), dan *Scytaliopsis*, *Amphiacme* (kuning).



Gambar 123. Batimetri distribusi genera dari Pennatulacea. Keterangan: Kategori Kedalaman: dangkal, 400 m (hijau), kisaran menengah, 400-1300 m (merah), kedalaman > 2.000 m (biru)

Terdapat 21 spesies pena laut yang mewakili sepuluh family dari timur laut Amerika Serikat, dan sebagian besar spesies telah dilaporkan secara eksklusif dari kedalaman *continental slope* (200-4300 m), meskipun dua spesies jarang ditemukan pada kedalaman yang dangkal (misalnya, <30 m) di

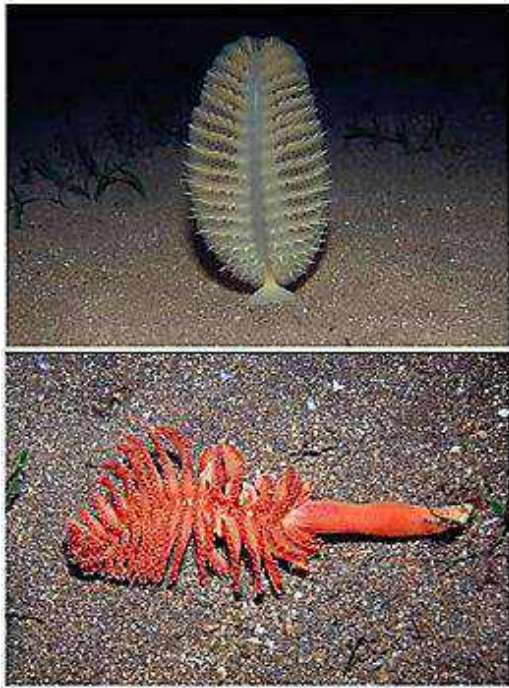
Distribusi dan Habitat

lepas pantai Carolina Utara. Spesies yang paling umum dan cukup banyak ditemukan di wilayah ini pada bagian yang lebih dalam dari *continental shelf* (80-200 m) adalah *Pennatula aculeata* (pena laut yang umum) dan *Stylatula elegans* (pena laut putih). *P. aculeata* sangat umum ditemukan di Teluk Maine dan banyak catatan bahwa *Pennatula* sp. banyak ditemukan di *continental shelf* selatan Carolina. Pada kedalaman 3300 m. *S. elegans* ditemukan berlimpah di teras *continental slope* Atlantik bagian tengah dan telah ditemukan pada kedalaman 800 m. Tidak seperti karang lainnya, pena laut hidup di sedimen lunak berlumpur, tertanam pada tempat yang lembut, *pedunculus*-nya yang besar/gemuk tertanam pada substrat halus. Beberapa spesies mampu tercabut sebagian atau seluruh koloni pada sedimen ketika terganggu. Pengamatan menunjukkan bahwa pena laut tahan terhadap gangguan fisik, meskipun pertumbuhan dan dinamika populasinya belum diselidiki.

(<http://e-atlas.org.au/content/soft-corals-great-barrier-reef>)

Dengan menggunakan jaring *trawl*, sampel Pennatulacea (pena laut) dikumpulkan dari pantai utara Mesir. Penelitian ini menemukan 3 spesies yaitu; *Cavernularia pusilla* (Filipi, 1835), *Pennatula rubra* Ellis, 1764, dan *Pteroeides spinosum* (Ellis, 1764). *Cavernularia pusilla* berkaitan dengan Famili Veretillidae yang termasuk dalam subordo Sessiliflorae; sementara *Pennatula rubra* dan *Pteroeides spinosum* berafiliasi dengan dua Famili, yaitu Pennatulidae dan Pteroeidae. Keduanya termasuk dalam subordo Subselliflorae (Abdelsalam, 2014), sementara di perairan *Madeira island* Portugal

ditemukan pena laut spesies *Pteroeides spinosum* dan *Pennatula aculeate* (Gambar 124). Spesies-spesies ini diambil melalui penyelaman SCUBA pada dasar perairan bersubstrat pasir pada kedalaman 35 m.



Gambar 124. *Pteroeides spinosum* (atas) dan *Pennatula aculeata* (bawah) yang diambil pada kedalaman sekitar 20 m dan tingginya sekitar 20 cm

Distribusi dan Habitat

2. Karang Mulia (Precieous Corals)

a. Primnoa

Spesies Primnoa terdistribusi di perairan Atlantik utara dan Samudera Pasifik, termasuk perairan pantai Norwegia, Greenland, Nova Scotia, British Columbia dan Alaska (Krieger dan Wing, 2002), di Samudera Hindia, dan terakhir di Selandia. Di Amerika Serikat, Primnoidae muncul untuk mencapai kelimpahan tertinggi di Alaska. Kedalaman minimum tempat hidup untuk spesies Primnoa adalah sembilan meter, sementara kedalaman maksimum adalah 1.029 meter (Cairns dan Bayer, 2005). Etnoyer dan Morgan (2003) mencatat bahwa di Lautan Pasifik kisaran kedalaman untuk Primnoidae adalah 25-2600 meter, dan dominan di perairan dangkal pada 400 meter. Cairns dan Bayer (2005) melaporkan bahwa *P. resedaeformis* merupakan salah satu spesies paling melimpah di Atlantik Barat Laut di mana ditemukan pada kedalaman 91-548 meter. Koloni Primnoa sering diamati melekat pada batu atau *bedrocks*. Setidaknya satu spesies (*P. pacifica*) membentuk semak padat di Teluk Alaska (Krieger dan Wing, 2002). Pada 2010, tidak ada spesies Primnoa telah dinilai dalam Daftar Merah IUCN Spesies Terancam atau tercantum dalam Lampiran CITES, dan tidak ada regulasi internasional perdagangan spesimen Primnoa.

b. Isididae (*Bamboo Corals*)

Karang dari Family Isididae secara luas didistribusikan di lautan utama di dunia (Anon, 2011). Di Samudera Pasifik, spesimen Isididae telah dikumpulkan dari Alaska sampai ke Selandia Baru (Heifetz, 2002; Smith *et al.*, 2004; Reed and Ross, 2005). *I. hippuris* telah diketahui terdapat di Australia (Great Barrier Reef), India (Kepulauan Andaman), Indonesia, Jepang (Kepulauan Ryukyu), Palau, Papua Nugini, Filipina, dan Taiwan, di mana didistribusikan secara luas di perairan-perairan dangkal (Anon, 2011; Fabricius and Alderslade, 2001). Isididae lainnya yang telah diketahui distribusinya adalah karang bambu (*bamboo corals*). Karang ini memiliki umur yang panjang, bentuk pertumbuhannya *arborescent* atau seperti cambuk. Karakteristiknya adalah internode berwarna putih dan node berwarna gelap, tersebar luas pada gunung-gunung bawah laut dan melimpah pada kedalaman 200 sampai 1500 m.

c. Heliopora (*Blue Corals*)

Heliopora ditemukan di seluruh wilayah Indo-Pasifik (Obura *et al.*, 2008). Harii dan Kayanne (2001) mencatat bahwa hal ini jarang terjadi di sebagian besar wilayah perairan di dunia, sedangkan Obura *et al.* (2008) menyatakan bahwa itu adalah spesies lokal yang umum dan sering ditemukan. Koloni terbesar yang diketahui ditemukan di Jepang (Bruckner, 2002). Menurut Obura *et*

Distribusi dan Habitat

al. (2008), spesies ini ditemukan di terumbu karang dangkal (biasanya di kedalaman kurang dari dua meter), lokasi terumbu terbuka, rata-rata terumbu dan zona pasang surut.

Heliopora coerulea tersebar luas juga di Fiji, Laut Merah dan Afrika Timur, kemudian ke Asia Tenggara dan Polinesia, termasuk Jepang bagian selatan, Australia, dan sepanjang Laut Coral di Amerika, Samoa. Populasi karang biru, *Heliopora coerulea* terbesar di dunia terdapat Ishigaki Island, di barat daya Jepang (Zann dan Bolton 1985). Distribusi lain *Heliopora coerulea* tercatat di Madagaskar, Thailand bagian barat, Australia bagian utara, Indonesia, Vietnam, Philippina, Pohnpei (Micronesia), Papua Nugini, Bismarck Sea - Solomon Islands, Great Barrier Reef. Zann dan Bolton (1985) juga menyatakan bahwa peta distribusi *Heliopora coerulea* di Pacific mencakup Great Barrier Reef, Kaledonia Baru, Vanuatu, Wallis & Futuna, Samoa bagian barat, Samoa Amerika, Tuvalu, Marshalls, Micronesia dan daerah antara Micronesia dan the GBR, juga Taiwan, Marianas, Bonin, dan pulau-pulau Ryukyu di Jepang.

Heliopora coerulea (Alcyonaria, Coenothecalia), menyebar luas sejak Cretaceous, saat ini ditemukan di Indo-Pasifik Bagian Barat antara 25° N dan 25° S tetapi tidak umum di atas kisaran tersebut. Penelitian di sekitar Indo-Pasifik dilaporkan bahwa distribusinya terbatas di bagian selatan dan timur (Great Barrier Reef, Vanuatu,

Fiji, Tonga, Western Samoa, Tuvalu, Gilbert Group), dan distribusinya dibatasi oleh suhu laut (batasan lebih rendah isotherm 22°C), durasi masa larva, kekuatan arus, dan sejarah iklim dan geologi mengisolasi kepulauan. *Heliopora* telah ditemukan jauh lebih melimpah di Pasifik bagian tengah di daerah khatulistiwa (Tuvalu dan Gilbert groups), kemudian Pasifik bagian barat (Great Barrier Reef, New Guinea, Solomon Islands, Ponape, Palau) (<http://eol.org/pages/101099/overview>). *Heliopora* juga ditemukan di sekitar Australia utara dan tengah Great Barrier Reef, Coral Sea sampai timur dan selatan sampai utara West Cape pada pantai barat.

Habitat *Heliopora* ditemukan reef flats dan bagian atas reef slope. *Heliopora* kadang-kadang menjadi karang yang dominan. Hidupnya pada kedalaman 0 - 30 feet, (0 - 9 m) dengan pergerakan air yang baik dan cahaya yang banyak. Status *Heliopora coerulea* di IUCN adalah masuk dalam Red List untuk spesies yang membahayakan dan terancam punah. Asal nama karang biru *Heliopora coerulea* berasal dari warna kerangka aragonit karang ini. Bagian dalamnya menjadi biru karena kemampuan karang ini mengekstrak besi dari sekeliling perairan ke dalam suatu garam biru (blue salt) yang dideposisikan ke dalam rangkanya. Koloni-koloni *Heliopora* memiliki bentuk pertumbuhan arborescent, seperti plat atau formasi kolom. *Heliopora* memiliki tabung-tabung sirkular yang kompak didalam dasar tempat pelekatan polip yang dapat ditarik dan

Distribusi dan Habitat

dijulurkan (<http://animal-world.com/Aquarium-Coral-Reefs/Blue-Coral#Distribution>).

d. Gerardia

Genus *Gerardia* didistribusikan di seluruh Kepulauan Hawaii, di gugusan Seamount Kaisar dan perairan Midway di Barat Pasifik Selatan (Parrish dan Baco, 2007), Karibia (Druffel *et al.*, 1995), Kepulauan Canary di Samudera Atlantik, dan Laut Mediterania (Brito, 1983). Di perairan Hawaii, koloni *Gerardia* ditemukan pada kedalaman 300 sampai 600 m pada substrat keras, seperti gunung laut dan di pinggir, puncak-puncak, dinding, dan tebingnya (Parrish dan Baco, 2007; Roark *et al.*, 2009).

e. Coralliidae (*Pink Corals*)

Spesies dari family Coralliidae terdistribusikan di seluruh lautan di dunia, termasuk Atlantik, Pasifik timur, Pasifik Barat, Samudera Hindia, dan Laut Mediterania. Coralliidae ditemukan pada kedalaman mulai dari kedalaman tujuh hingga 1.500 meter (Anon, 2009). Menurut Anon (2009), populasi hanya dikenal dari Coralliidae cukup besar untuk mendukung panen komersial ditemukan di utara, yaitu 19 derajat Lintang Utara. Distribusi spesies yang paling penting secara komersial dari Coralliidae dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi dan Warna Komersil Penting Coralliidae

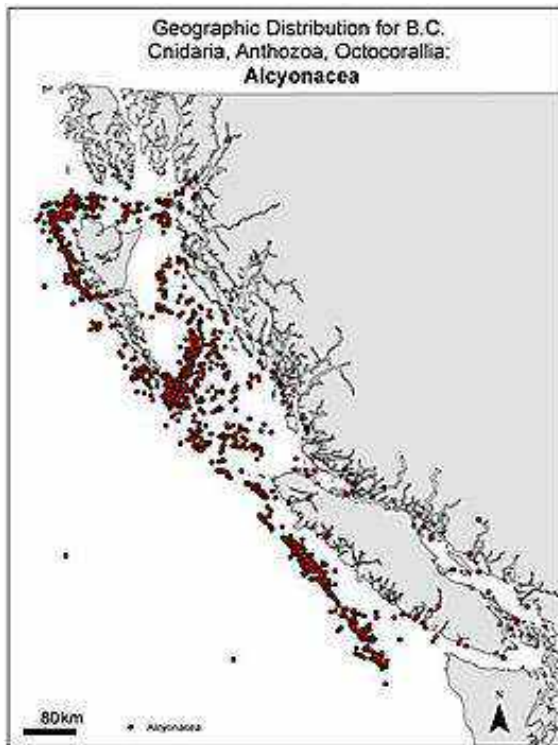
Species	Common name	Distribution	Colour
<i>Corallium elatius</i>	Pink coral, momoiro sango, momo	Japan to the northern Philippines; Indonesia and Viet Nam	Light red, salmon, orange, and pink colors; interior core of white
<i>Corallium konojoi</i>	White coral, siro sango	Japan to the northern Philippines; and Viet Nam	White; white with red or pink spotting
<i>Corallium regale</i>	Pink coral	Hawaii to the Milwaukee Banks in the Emperor Seamounts	Pink; may be streaked with white
<i>Corallium rubrum</i>	(Mediterranean) red coral, chichuukai sango, kowatarl sango	Mediterranean Sea including the coasts of Sardinia, Corsica, southern Italy, Sicily, northern Tunisia, France and Spain; and north temperate eastern Atlantic	Solid red; pale pink or white is rare
	Sciacca	Sicily (near town of Sciacca); fossil or near-fossil	Salmon or orange-pink (bright or pale), occasionally yellowish marks
<i>Corallium secundum</i>	Midway coral, pink coral, angel skin, bokē, mittdo sango	Hawaii to the Milwaukee Banks in the Emperor Seamounts	White; spotted pink, light pink
<i>Corallium</i> sp. nov.	Midway deep-sea coral, sinkai sango	Midway Island to Emperor Seamounts	Bright pink with strong red markings (never a solid colour)
<i>Paracorallium japonicum</i>	Red coral, aka sango, tiaka	Okinawa and Bonin Islands of Japan	Dark to very dark red, blood red; interior core of white

f. Alcyonacea dan Gorgonacea

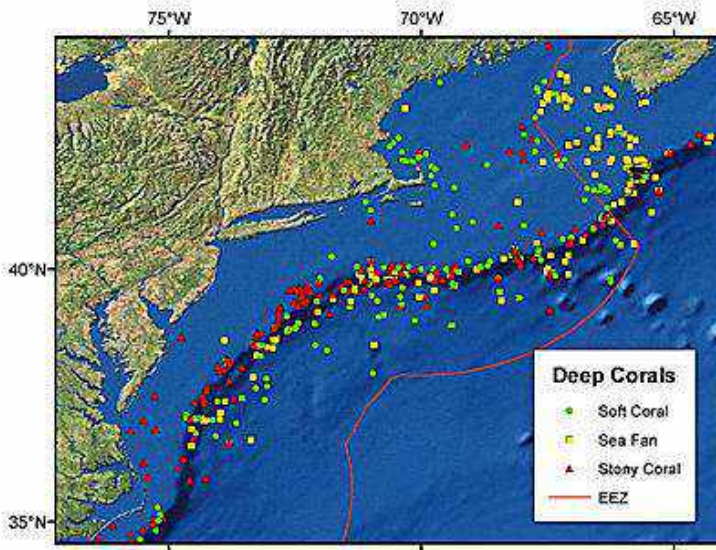
Lokasi penemuan Alcyonacea (karang lunak) adalah sepanjang landas kontinen dan slopenya di British Columbia. Hewan ini tidak memiliki kerangka keras dan

Distribusi dan Habitat

tidak membentuk dasar bagi terumbu karang, tetapi habitatnya penting bagi hewan lainnya. Peta distribusi di British Columbia pada Gambar 125 dan di Cape Hatteras, timur laut dan utara Amerika Serikat pada Gambar 126.



Gambar 125. Distribusi geografis Octocorallia-Alcyonacea di British Columbia
(<http://www.dfo-mpo.gc.ca>)



Gambar 126. Distribusi geografis karang lunak (*Alcyonacea*), kipas laut (*Gorgonacea*), dan karang batu (*Stony coral*)
(<http://www.nefsc.noaa.gov/ecosys/ecology>)

Tujuh belas spesies dalam tujuh family *Gorgonacea* didapatkan di teras dan continental slope di Cape Hatteras, timur laut dan utara Amerika Serikat. Family *Acanthogorgiidae*, *Paramuriceidae*, *Anthothelidae*, *Paragorgiidae*, *Chrysogorgiidae*, *Primnoidae*, dan *Isididae* adalah yang terbaik didokumentasikan karena ukuran mereka yang lebih besar, serta menjadi yang paling melimpah di perairan yang lebih dalam di lereng benua (*continental slope*) dan palung menggunakan alat selam.

Distribusi dan Habitat

Sembilan spesies karang lunak (Alcyoniina) dalam tiga family didapatkan di teras dan *continental slope* timur laut dan utara Cape Hatteras, Amerika Serikat. Dua spesies yang sangat banyak didapatkan dekat pantai adalah spesies karang yang sangat lembut *Gersemia rubiformis* dan *Alcyonium*.

Survei yang terdahulu menemukan bahwa gorgonia dan karang lunak ditemukan sepanjang pinggir luar *continental shelf* dan *continental slope*, yang distribusinya jarang dan merata di semua tempat tersebut, khususnya di bagian utara. Gorgonia dan karang lunak dikumpulkan dalam sampel yang diambil pada kedalaman < 50 m, dan yang paling berlimpah didapatkan antara 200-500 m. Spesies yang teridentifikasi meliputi gorgonia, seperti *Acanella* sp, *Paragorgia arborea*, *Paragorgia resedaeformis*, *Primnoa* dan *Alcyonium* sp. Gorgonia dan karang lunak diambil dan dikumpulkan dari singkapan batu kerikil di dasar laut.

Sebuah survei database karang yang mendalam mencatat dua pola distribusi yang berbeda antara gorgonia dan karang lunak di wilayah ini. Kebanyakan spesies terdapat pada kedalaman > 500 m, ini termasuk spesies gorgonian Genera *Acanthogorgia*, *Acanella*, *Anthothela*, *Lepidisis*, *Radicipes*, dan *Swiftia*, dan karang lunak dalam Genera *Anthomastus* dan *Clavularia*. Spesies lain yang terdapat di seluruh perairan pada teras dan *continental slope* termasuk gorgonian *Paragorgia arborea*, *resedaeformis* *Primnoa*, dan spesies pada genus *Paramuricea*.

Catatan terdahulu juga menunjukkan bahwa *Paragorgia arborea* dan *Primnoa resedaeformis* ditemukan di Teluk Maine, dan *Paragorgia arborea* pernah digambarkan sebagai komponen umum fauna berbatu di sana. Kedua spesies dilaporkan banyak ditemukan di puncak-puncak *continental shelf* di Timur Laut Georges Bank, dan meluas sampai ke timur laut Amerika Serikat. *Primnoa resedaeformis* telah ditemukan juga di selatan pantai Virginia. Pada umumnya catatan tersebut menggambarkan bahwa *Acanthogorgia armata*, *Paragorgia arborea*, dan *Primnoa resedaeformis* ditemukan di Laut Lydonia dan palung laut di Baltimore, timur laut Amerika Serikat.

Beberapa spesies gorgonacea, seperti *Thouarella grasshoffi*, *Metallogorgia melanotrichos*, *Calyptrophora antilla*, *Keratoisis* sp., dan *Lepidisis* sp. baru-baru ini ditemukan pada gunung-gunung laut. *Parastenella atlantica* dan *Paranarella watlingi* adalah dua spesies baru yang telah ditemukan pada gunung bawah laut Retriever.

Tabel 5 diperlihatkan daftar daftar Alcyonacea yang terdapat di *continental shelf* dan *continental slope* Northeastern U.S.

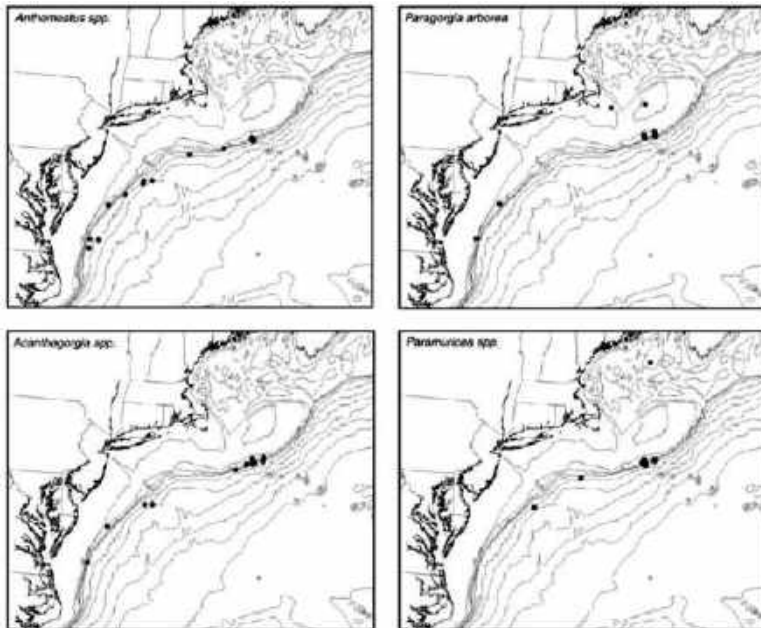
Distribusi dan Habitat

Tabel 5. Daftar Alcyonacea yang terdapat di *continental shelf* dan *continental slope* Northeastern U.S. (North of Cape Hatteras) (Watling and Auster, 2005)

<p>“Stoloniferous forms”</p> <p>Clavulariidae</p> <p><i>Clavularia modesta</i> (Verrill, 1874)</p> <p><i>Clavularia rudis</i> (Verrill, 1922)</p> <p>“massive body forms”</p> <p>Alcyoniidae</p> <p><i>Alcyonium digitatum</i> Linné, 1758</p> <p><i>Anthomastus grandiflorus</i> Verrill, 1878</p> <p><i>Anthomastus agassizii</i> Verrill 1922</p> <p>Nephtheidae</p> <p><i>Gersemia rubriformis</i> (Ehrenberg, 1854)</p> <p><i>Gersemia fracticosa</i> (Sars, 1860)</p> <p><i>Capnella florida</i> (Rathke, 1806)</p> <p><i>Capnella glomerata</i> (Verrill, 1869)</p> <p>“Holaxonia”</p> <p>Acanthogorgiidae</p> <p><i>Acanthogorgia armata</i> Verrill, 1878</p> <p>Plexauridae</p> <p><i>Paramuricea grandis</i> Verrill, 1883</p> <p><i>Paramuricea placomus</i> (Linné, 1758)</p> <p><i>Paramuricea</i> n. sp.</p> <p><i>Swiftia casta</i> (Verrill, 1883)</p>	<p>“Scleraxonia”</p> <p>Anthothelidae</p> <p><i>Anthothela grandiflora</i> (Sars, 1856)</p> <p>Paragorgiidae</p> <p><i>Paragorgia arborea</i> (Linné, 1758)</p> <p>“Calcaxonia”</p> <p>Chrysogorgiidae</p> <p><i>Chrysogorgia agassizii</i> (Verrill, 1883)</p> <p><i>Iridogorgia pourtalesii</i> Verrill, 1883</p> <p><i>Radicipes gracilis</i> (Verrill, 1884)</p> <p>Primnoidae</p> <p><i>Narella laxa</i> Deichmann, 1936</p> <p><i>Primnoa resedaeformis</i> (Gunnerus, 1763)</p> <p><i>Thouarella</i> n. sp.</p> <p>Isididae</p> <p><i>Acanella arbuscula</i> (Johnson, 1862)</p> <p><i>Keratoisis ornata</i> Verrill, 1878</p> <p><i>Keratoisis grayi</i> Wright, 1869</p> <p><i>Lepidisis caryophyllia</i> Verrill, 1883</p>
--	---

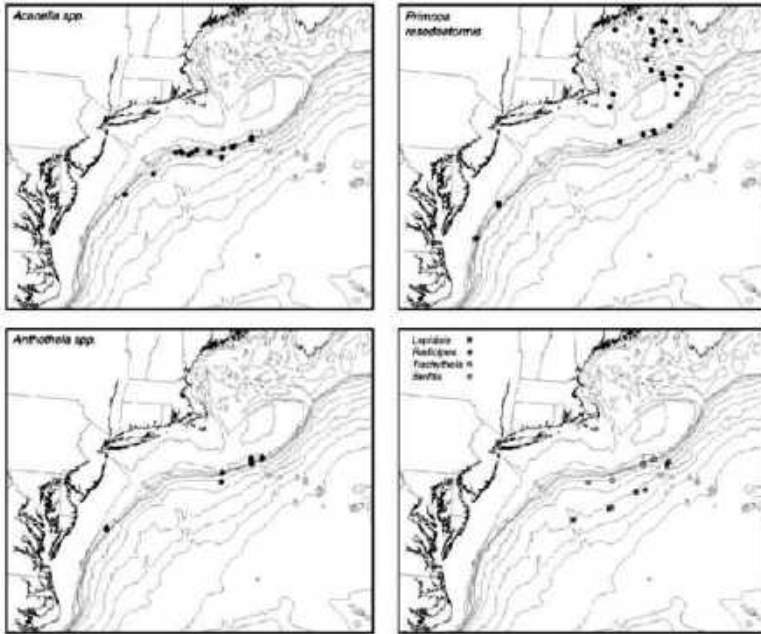
Untuk spesies pada data base, muncul dua bentuk distribusi yang berbeda. Kebanyakan alcyonacea adalah species laut dalam, sebagai contoh adalah pada genera *Anthomastus*,

Acanthogorgia, *Acanella*, *Anthothela*, *Lepidisis*, *Radicipes*, *Clavularia*, and *Swiftia* (Gambar 127 dan 128). Semua spesies tersebut didapatkan pada kedalaman lebih dari 500 m. Spesies yang lain seperti *Paragorgia arborea*, *Primnoa resedaeformis*, dan genus *Paramuricea*, terdapat pada perairan *continental shelf* dan bagian atas *continental slope*. *Paragorgia arborea* dan *P. resedaeformis* adalah spesies yang menyebar luas di Atlantik Utara dan Pasifik Utara.



Gambar 127. Distribusi empat Genera Alcyonacea sepanjang pantai timur Amerika Serikat

Distribusi dan Habitat



Gambar 128. Distribusi tujuh Genera Alcyonacea sepanjang pantai timur Amerika Serikat

Selain di Amerika Serikat, distribusi geografi Alcyonacea juga terdapat di bagian timur dan barat Lautan Atlantik, seperti dituliskan oleh Cairn dan Chapman (2001) pada Tabel 6.

Tabel 6. Daftar lengkap spesies Alcyonacea termasuk perbandingan biogeografi di bagian timur dan barat Atlantik (Cairns dan Chapman, 2001)

	I/A W N Atlantic E. Canada to Cape Hatteras	III Boreal Eastern Atlantic	I/A W N Atlantic Cape Hatteras to Florida Straits	III A Lusitania-Mediterranean
"Stoloniferous forms"				
Clavulariidae				
<i>Anthelia borealis</i> (Koren and Danielsen, 1883)		X		X
<i>Anthelia fallax</i> Stoch, 1912		X		X
<i>Clavularia alba</i> (Græg, 1888)	X	X		
<i>Clavularia arctica</i> (Sars, 1800)		X		X
<i>Clavularia grægii</i> Madsen, 1944		X		
<i>Clavularia levidensis</i> Madsen, 1944	X			
<i>Clavularia marioni</i> (von Koch, 1891)				X
<i>Clavularia modesta</i> (Verrill, 1874)	X			
<i>Clavularia rudis</i> (Verrill, 1922)	X			
<i>Clavularia venuscula</i> Madsen, 1944	X			
<i>Sarcodictyon roseum</i> (Philippi, 1842)		X		X
<i>Scleranthella rugosa</i> (Ponulob, 1867)				X
<i>Scyphopodium ingolfi</i> (Madsen, 1944)			X	X
<i>Teleso fructiculosa</i> Dana, 1846			X	
<i>Telesoia septentrionalis</i> Madsen, 1944	X	X		X
	6	7	2	8
"massive body forms"				
Paralyonidae				
<i>Paralyonina spinulosum</i> Delle Chiaje, 1822				X
	0	0		1
Alcyonidae				
<i>Alcyonium acule</i> Manon, 1878				X
<i>Alcyonium coralloides</i> (Pallas, 1766)				X
<i>Alcyonium digitatum</i> Linnaeus, 1758	X	X		X
<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766				X
<i>Anthomastus agassizii</i> Verrill 1922	X			
<i>Anthomastus grandiformis</i> Verrill, 1878	X	X	X	X
<i>Ceratocaulon wuelleri</i> Jørgensen, 1892				X
	3	2	1	6

Distribusi dan Habitat

Tabel 6. Lanjutan

	IIA W N Atlantic E. Canada to Cape Hatteras	III Boreal Eastern Atlantic	IA W N Atlantic Cape Hatteras to Florida Straits	IIA Lusitanian-Mediterranean
Nephtheidae				
<i>Gersemia rubiformis</i> (Ehrenberg, 1834)	X	X		
<i>Capnella florida</i> (Rathke, 1806)	X	X		X
<i>Capnella glomerata</i> (Verrill, 1869)	X	X		
	3	3	0	1
"Scleraxonia"				
Anthothelidae				
<i>Anthothela grandiflora</i> (M. Sars, 1856)	X	X		X
<i>Titanidium suberosum</i> (Ellis and Solander, 1786)			X	
	1	1	1	1
Paragorgiidae				
<i>Paragorgia boschmai</i> Bayer, 1904			X	
<i>Paragorgia arborea</i> (Linnaeus, 1758)	X	X		X
<i>Paragorgia johnsoni</i> Gray, 1862			X	X
	1	1	2	2
Coralliidae				
<i>Corallium maderense</i> (Johnson, 1899)				X
<i>Corallium medea</i> Bayer, 1904			X	
<i>Corallium</i> sp.				
<i>Corallium johnsoni</i> Gray, 1860				X
<i>Corallium niobe</i> Bayer, 1904			X	X
<i>Corallium rubrum</i> (Linnaeus, 1758)				X
<i>Corallium tricolor</i> (Johnson, 1899)				X
	0	0	2	5
"Holaxonia"				
Acanthogorgiidae				
<i>Acanthogorgia armata</i> Verrill, 1878	X			X
<i>Acanthogorgia hirsuta</i> Gray, 1857				X
<i>Acanthogorgia schrammi</i> (Duchassaing and Michelotti, 1864)			X	
<i>Acanthogorgia aspera</i> Poutales, 1867			X	
	1	0	2	2

Tabel 6. Lanjutan

	IIA W N Atlantic E. Canada to Cape Hatteras	IIB Boreal Eastern Atlantic	I A W N Atlantic Cape Hatteras to Florida Straits	IIIA Lusitanian-Mediterranean
Plexauridae				
<i>Bedryce mollis</i> Molippi, 1842				X
<i>Dentomuricea metcovi</i> Grasshoff, 1977				X
<i>Echinomuricea klavereni</i> Carpine and Grasshoff, 1975				X
<i>Muricea pendula</i> Verrill, 1868			X	
<i>Muriceides kuekenhali</i> (Broch, 1912)		X		
<i>Muriceides lepida</i> Carpine and Grasshoff, 1975				X
<i>Muriceides paucituberculata</i> (Mation, 1882)				X
<i>Paramuricea clavata</i> (Risso, 1826)				X
<i>Paramuricea grandis</i> (Verrill, 1883)	X			
<i>Paramuricea grayi</i> (Johnson, 1861)				X
<i>Paramuricea macrospina</i> (Koch, 1882)				X
<i>Paramuricea</i> sp. GOM	X		X	
<i>Paramuricea biscaya</i> Grasshoff, 1977				X
<i>Paramuricea candida</i> Grasshoff, 1977				X
<i>Paramuricea placomus</i> (Lamarck, 1758)	X	X		X
<i>Placogorgia massiliensis</i> Carpine and Grasshoff, 1975				X
<i>Placogorgia beccana</i> Grasshoff, 1977				X
<i>Placogorgia coronata</i> Carpine and Grasshoff, 1975				X
<i>Placogorgia graciosa</i> (Tixier-Durivault and d Hond, 1975)				X
<i>Placogorgia intermedia</i> (Thomson, 1927)				X
<i>Placogorgia teretica</i> Grasshoff, 1977				X
<i>Spinimuricea atlantica</i> (Johnson, 1862)				X
<i>Swiftia casta</i> (Verrill, 1883)	X		X	
<i>Swiftia ponrolesi</i> Deichmann, 1936			X	
<i>Swiftia borealis</i> (Kramp, 1930)		X		
<i>Swiftia dubia</i> (Thomson, 1929)				X
<i>Swiftia pallida</i> Madsen, 1970				X
<i>Swiftia rosea</i> (Grieg, 1887)		X		
<i>Thysea talismani</i> Grasshoff, 1980				X
<i>Villogorgia behrycoides</i> (Koch, 1887)				X
	4	4	4	22
Gorgoniidae				
<i>Eunicella filiformis</i> Studer, 1879				X
<i>Eunicella gazella</i> Studer, 1878				X

Distribusi dan Habitat

Tabel 6. Lanjutan

	HAW N Atlantic E. Canada to Cape Hatteras	IB Boreal Eastern Atlantic	IAW N Atlantic Cape Hatteras to Florida Straits	HA Ladonian-Mediterranean
<i>Eunicella iabata</i> Thomson, 1927				X
(? <i>Eunicella</i>) <i>modesta</i> Verrill, 1883			X	
<i>Eunicella verrucosa</i> (Pallas, 1766)				X
<i>Leptogorgia albipunctata</i> Suasny, 1936				X
<i>Leptogorgia purpureoviolacea</i> (Suasny, 1936)				X
<i>Leptogorgia sarmentosa</i> (Esper, 1791)				X
<i>Leptogorgia viminalis</i> (Pallas, 1766)				X
<i>Leptogorgia virgulata</i> (Lamarck, 1815)			X	
<i>Leptogorgia setacea</i> (Pallas, 1766)			X	
<i>Leptogorgia hebes</i> Verrill, 1869			X	
<i>Lophogorgia capeverdiensis</i> Grasshoff, 1986				X
	0	0	4	9
"Calcexonina"				
Chrysogorgiidae				
<i>Chrysogorgia herdendorfi</i> Cairns, 2001			X	
<i>Chrysogorgia agassizii</i> (Verrill, 1883)	X			X
<i>Chrysogorgia campanula</i> Madsen, 1944				X
<i>Chrysogorgia elegans</i> (Verrill, 1883)			X	X
<i>Chrysogorgia quadruplex</i> Thomson, 1927				X
<i>Distichogorgia sconsa</i> Bayer, 1979			X	
<i>Iridogorgia pourtalesii</i> Verrill, 1883	X			X
<i>Metallogorgia melanotrichos</i> (Wright and Studer, 1889)				X
<i>Radicipes challengeri</i> (Wright, 1885)				X
<i>Radicipes gracilis</i> (Verrill, 1884)	X		X	X
	3	0	4	8
Ellisellidae				
<i>Ctenocella (Ellisella) porplexauroides</i> Suasny, 1936				X
<i>Nicella granifera</i> (Kölliker, 1865)				X
<i>Ctenocella (Viminella) flagellum</i> (Johnson, 1863)				X
<i>Ctenocella (Ellisella) schmitti</i> (Bayer, 1961)			X	
	0	0	1	3

Tabel 6. Lanjutan

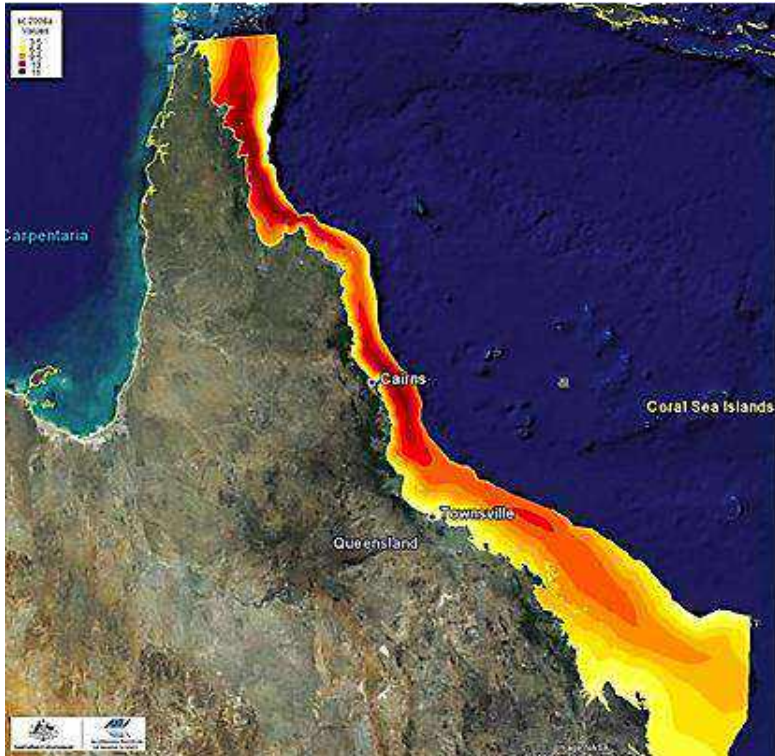
	HAW N Atlantic E. Canada to Cape Hatteras	IB Boreal Eastern Atlantic	HAW N Atlantic Cape Hatteras to Florida Strait	IBA Tuslarian-Mediterranean
Primoidea				
<i>Callogorgia americana</i> Cairns and Bayer, 2002			X	
<i>Callogorgia verticillata</i> (Pallas, 1766)				X
<i>Calyptraphora gerdae</i> Bayer, 2001			X	
<i>Calyptraphora josephinae</i> (Lindstroem, 1877)				X
<i>Calyptraphora triplepis</i> (Poutalès, 1868)			X	
<i>Candidella</i> (= <i>Stenella</i>) <i>imbricata</i> (Johnson, 1862)			X	X
<i>Narella bellissima</i> (Kükenthal, 1915)				X
<i>Narella laxa</i> Deichmann, 1936	X			X
<i>Narella regularis</i> (Duchassaing and Michelotti, 1860)			X	X
<i>Narella versutus</i> (Hickson, 1909)				X
<i>Paraclyptraphora josephinae</i> (Lindström, 1877)				X
<i>Piumarella poutallesi</i> (Verrill, 1883)			X	
<i>Primoa resedaeformis</i> (Gunnerus, 1763)	X	X		X
<i>Primoella jungerseii</i> Madsen, 1944				X
<i>Thouarella</i> n. sp.	X			
<i>Thouarella hitigendorfi</i> (Studer, 1879)				X
	3	1	6	11
Isididae				
<i>Acanella arbuscula</i> (Johnson, 1862)	X	X		X
<i>Chelidonisis aurantifaca</i> Studer, 1891				X
<i>Isidella longiflora</i> (Verrill, 1883)				X
<i>Isidella elongata</i> (Esper, 1788)				X
<i>Isidella lafoensis</i> Sars, 1868		X		X
<i>Keratopsis ornata</i> Verrill, 1878	X		X	
<i>Keratopsis flexibilis</i> (Poutalès, 1868)			X	X
<i>Keratopsis grayi</i> Wright, 1869	X	X	X	X
<i>Lepidisis caryophyllia</i> Verrill, 1883	X			X
<i>Lepidisis cyanae</i> Grasshoff, 1986				X
<i>Lepidisis longiflora</i> Verrill, 1883			X	X
<i>Lepidisis macrospiculata</i> (Kükenthal, 1915)				X
	4	3	4	12
Total Alcyonacea	29	22	35	91

Distribusi dan Habitat

Setelah karang keras, Octocorallia adalah kelompok kedua yang paling umum hewan makrobentos di Great Barrier Reef (GBR). Persen penutupan Octocorallia di daerah GBR adalah 3% sampai 35% di reef slope bagian luar, tetapi penutupan tertinggi 70% di terdapat di daerah yang lingkungannya sedikit terlindungi, seperti di selat-selat kecil di antara terumbu atau pulau-pulau, dan penutupan terendah, mendekati nol persen pada daerah yang terpajan dengan makro alga, keruh dan berlumpur di daerah reef flat.

Octocorallia sangat beragam tidak hanya secara taksonomi, tetapi juga secara ekologis, termasuk spesies dengan luas relung ekologi dan strategi sejarah hidup (life history). Keberlimpahan meningkat dari bagian selatan ke utara, dan terumbu reef slope bagian menengah memiliki kekayaan spesies tinggi daripada terumbu perairan pantai dan lepas pantai di Great Barrier Reef (Gambar 129). Pada teras terumbu terdapat banyak dan beragam komunitas Octocorallia. Octocorallia yang kelimpahannya tinggi adalah anggota Family Xeniidae. Reef slope yang dalam dan habitat bergua-gua banyak dihuni oleh taksa azooxanthellate seperti gorgonian *Dendronephthya*, serta taksa yang lainnya yang toleran seperti *Sinularia* dan *Sarcophyton*. Terumbu karang perairan pantai dengan salinitas berfluktuasi dan air yang jernih terdapat beberapa spesies yang jarang ditemukan (misalnya, *Sinularia flexibilis*, beberapa spesies *Briareum* dan *Solenocaulon*), genera lainnya yang banyak ditemukan adalah Family Xeniidae dan Nephtheidae, dan

berangsur angsur tidak ditemukan saat gradien kekeruhan semakin meningkat.



Gambar 129. Distribusi spasial Octocorallia di Great Barrier Reef, Australia

Pada penelitian Octocorallia mesophotic (kedalaman 30 – 125 m) di Great Barrier Reef, Octocorallia yang dikumpulkan

Distribusi dan Habitat

pada 19 sampai 23 pengamatan pada kisaran kedalaman 47 sampai 159 m ditemukan 27 genera Octocorallia (Tabel 7). Dari 27 genera tersebut hanya 2 genera yang *obligate phototrophs* (zooxanthellate), yaitu Lobophytum dan Cespitularia. Kedua genera tersebut dikumpulkan pada satu pengamatan oleh *Hydrographers Passage* pada kedalaman 55 m. Genus ketiga adalah Junceella, yang memiliki spesies-spesies yang mengandung zooxanthellae dan yang tidak mengandung zooxanthellae (azooxanthellae). Bagaimanapun, koloni-koloni yang mengandung zooxanthellae berwarna antara abu-abu dan coklat sementara yang azooxanthellae berwarna cerah. Kedua koloni Junceella dilaporkan pada penelitian ini berwarna merah cerah, yang menggambarkan bahwa Junceella adalah representasi dari species azooxanthellae meskipun ditemukan pada pengamatan di perairan yang lebih dangkal (kedalaman 55–70 m). 24 genera lainnya yang berasal dari 12 famili adalah *obligate heterotrophs* (azooxanthellae). Paling sedikit lima genera, yaitu Callogorgia, Heliania, Paracis, Pteronisis dan Pterostenella adalah representasi rekor pertama penemuan genera dari Octocorallia di GBR (Bridge *et al.*, 2012).

Tabel 7. Octocorallia Mesophotic yang Ditemukan di Great Barrier Reef (Bridge et al., 2012)

Famili	Genus	A/Z	Kedalaman (m)
Acanthogorgiidae	Acanthogorgia	A	102–115
Acanthogorgiidae	Muricellaa	A	57–70
Alcyoniidae	Eleutherobia ^b	A	129–130
Alcyoniidae	Lobophytum	Z	55
Clavariidae	Carijoa ^b	A	90
Ellisellidae	Dichotella ^b	A	102
Ellisellidae	Ellisella	A	55–113
Ellisellidae	Heliania ^c	A	104
Ellisellidae	Junceella	Z/A	55–70
Ellisellidae	Nicellaa	A	70–101
Ellisellidae	Verrucella ^b	A	70–109
Ellisellidae	Viminella	A	55–113
Isididae	Pteronisisa ^c	A	104
Keroeidae	Keroeidesa	A	70–112
Melithaeidae	Acabaria	A	47
Nephtheidae	Dendronephthya	A	55–130
Nidaliidae	Chironephthyab	A	104
Nidaliidae	Siphonogorgia	A	55–113
Parisidae	Parisisa	A	114
Plexauridae	Astrogorgia	A	55–113
Plexauridae	Echinogorgia	A	55–159
Plexauridae	Paracisac	A	70–113
Plexauridae	Villogorgia ^b	A	90–99
Primnoidae	Callogorgia ^a	A	102–113
Plexauridae	Villogorgia ^b	A	90–99
Primnoidae	Callogorgia ^a	A	102–113
Primnoidae	Pterostenella ^a	A	114

Distribusi dan Habitat

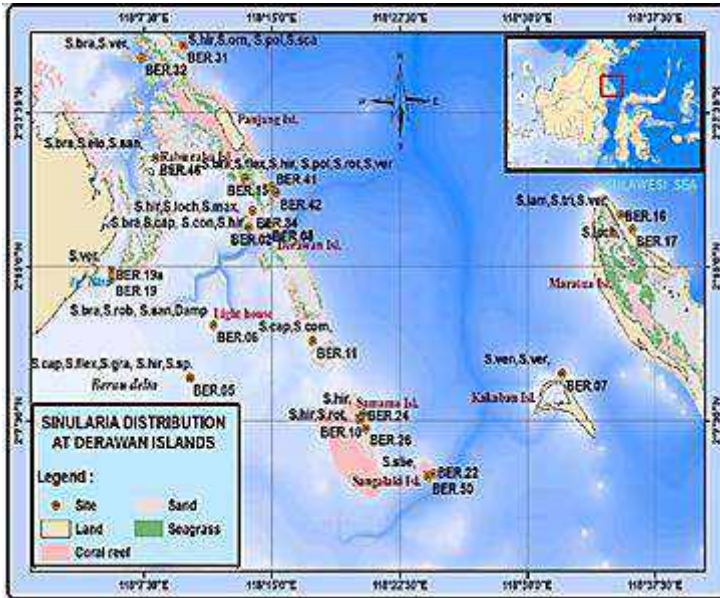
Keterangan: A=genus azooxanthellae, Z= genus zooxanthellae, a=Tidak ada pada survey di perairan dangkal yang dilaporkan oleh Fabricius dan De'ath (2008) dalam Bridge *et al.* (2012), b=jarang didapatkan pada survey di perairan dangkal, c=rekor baru di GBR

Penelitian lainnya di Australia yang dilakukan oleh Alderslade *et al.* (2014) mengemukakan bahwa jumlah spesies Octocorallia yang didapatkan pada kedalaman > 80 m telah meningkat tiga kali lipat spesies Octocorallia dari 135 menjadi 457 menyusul enam survei yang dilakukan antara tahun 1997 dan 2008. Identitas, distribusi dan afinitas regional dari 457 spesies yang ditemukan itu berasal dari 131 genera dan 28 famili dari Ordo Alcyonacea dan Pennatulacea, termasuk 69 spesies baru, 17 genera baru dan 43 temuan baru. Lima dari genera yang lebih umum terdistribusikan secara luas (hadir di 35 dan 66 stasiun sampling yang mencakup 4 wilayah survei).

Di Indonesia, khusus Genus *Sinularia* telah diteliti distribusinya oleh Manuputty (2010) di perairan Pulau-Pulau Derawan, Kalimantan Timur (Gambar 130). Pada penelitian tersebut ditemukan 30 spesies *Sinularia* pada 22 stasiun pengamatan. Spesies-spesies dari Genus *Sinularia* yang ditemukan adalah *S. brassica*, *S. capillosa*, *S. compressa*, *S. conferta*, *S. cruciata*, *S. elongate*, *S. flexibilis*, *S. gibberosa*, *S. granosa*, *S. hirta*, *S. lamellate*, *S. lochmodes*, *S. manaarensis*, *S. macrodactyla*, *S. maxima*, *S. ornate*, *S. pavidia*, *S. polydactyla*, *S. ramosa*, *S. robusta*, *S. rotundata*, *S. sandensis*, *S. scabra*, *S. slieringsi*, *S. triaena*, *S. variabilis*, *S. venusta*, *S. verseveldti*, *Sinularia* sp., *Dampia* sp. Kemudian Famili Xenidiidae diteliti oleh

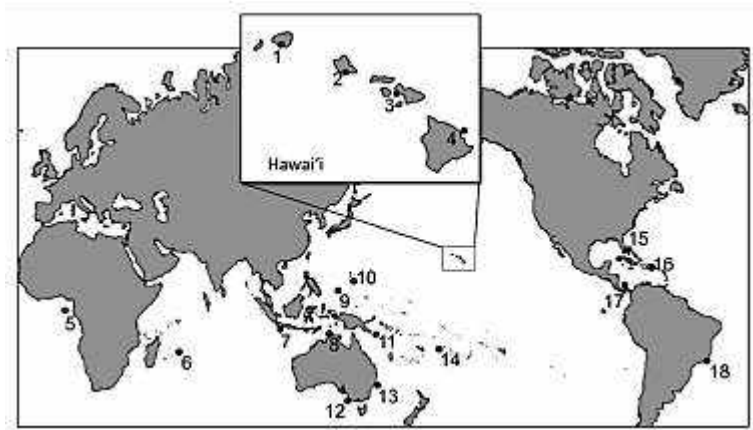
Janes (2013) di terumbu karang Selat Lembeh. Hasilnya ditemukan Sebanyak 48 sampel dari Famili Xeniidae dari diwakili oleh genera Anthelia, Cespitularia, Heteroxenia, Sansibia, Sympodium, dan Xenia. Tiga habitat yang ditemukan Famili Xeniidae, yaitu slope berpasir, yang terbatas pada genera Anthelia dan Xenia. Patch reef bersubstrat keras mendukung keragaman terbesar, termasuk komunitas Anthelia, Cespitularia, Heteroxenia, Sansibia, Sympodium, dan Xenia, sedangkan Genera Cespitularia, Heteroxenia dan Xenia ditemukan pada dinding terumbu (*wall*). Hanya satu koloni Sansibia dan satu koloni Sympodium saja dicatat dalam survei ini. Kumpulan melimpah Xenia ditemukan pada kedalaman 3-25 meter, terutama di slope berpasir. Menariknya, kebanyakan koloni Cespitularia dan Heteroxenia ditemukan di bawah kedalaman 10 meter di patch reef dan dinding terumbu (*wall*).

Distribusi dan Habitat



Gambar 130. Peta sebaran *Sinularia* di perairan Pulau-Pulau Derawan, Kalimantan Timur (Manuputty, 2010)

Distribusi global Spesies *Carijoa riisei* telah diteliti oleh Concepcion *et al.* (2010). Penelitiannya mencakup 18 stasiun mencakup perairan Indo-Pasifik, Atlantik dan Australia. Stasiun-Stasiun tersebut adalah: 1: Kaua'i (10 individu); 2: O'ahu (30 individu); 3: Maui (28 individu); 4: Big Island (26 individu); 5: Principe/Sao Tome (East Atlantic) (6 individu); 6: Mauritius (5 individu); 7: Indonesia (21 individu); 8: Darwin, Australia (3 individu); 9: Palau (54 individu); 10: Mariana/Caroline Islands (5 individu); 11: Papua New



Gambar 131. Distribusi global *Carijoa riisei*
(Concepcion *et al.*, 2010)

Guinea/Solomon Islands (3 individu); 12: Rapid Bay/Whyalla, Australia (2 individu); 13: Fly Point, Australia (1 individu); 14: Fiji/Tonga (3 individu); 15: Florida (23 individu); 16: Puerto Rico/US Virgin Islands (18 individu), 17: Panama (5 individu); 18: Brazil (1 individu) (Gambar 131).

Di Kepulauan Segindas dan Northward, Mozambique ditemukan 47 karang lunak dari famili-famili Tubiporidae, Alcyoniidae, Nephtheidae, Xenidiidae dan Briareidae, serta berasal dari 12 genera. Dari jumlah spesies tersebut, 27 spesies merupakan spesies yang baru ditemukan di daerah tersebut (Tabel 8) (Benayahu *et al.*, 2003).

Tabel 8. Daftar spesies-spesies Octocorallia di Perairan North Mozambique (Keterangan: NR = penemuan baru)

Jenis Octocorallia
Tubiporidae Ehrenberg, 1828
Genus <i>Tubipora</i> Linnaeus, 1758
<i>Tubipora musica</i> Linnaeus, 1758
Alcyoniidae Lamouroux, 1812
Genus <i>Cladiella</i> Gray, 1869
<i>Cladiella australis</i> (Macfadyen, 1936)
<i>Cladiella brachyclados</i> (Ehrenberg, 1834) NR
<i>Cladiella kashmani</i> Benayahu & Schleyer, 1996
<i>Cladiella krempfi</i> (Hickson, 1919)
<i>Cladiella laciniosa</i> (Tixier-Durivault, 1944) NR
<i>Cladiella latissima</i> (Tixier-Durivault, 1944) NR
<i>Cladiella pachyclados</i> (Ehrenberg, 1834) NR
<i>Cladiella tulearensis</i> (Tixier-Durivault, 1944) NR
Genus <i>Lobophytum</i> von Marenzeller, 1886
<i>Lobophytum crassum</i> von Marenzeller, 1886
<i>Lobophytum depressum</i> Tixier-Durivault, 1966 NR
<i>Lobophytum patulum</i> Tixier-Durivault, 1956
<i>Lobophytum venustum</i> Tixier-Durivault, 1957
Genus <i>Rhytisma</i> Alderslade, 2000
<i>Rhytisma fulvum fulvum</i> (Forskål, 1775) NR
Genus <i>Sarcophyton</i> Lesson, 1834
<i>Sarcophyton ehrenbergi</i> von Marenzeller, 1886 NR
<i>Sarcophyton glaucum</i> (Quoy & Gaimard, 1833)
<i>Sarcophyton trocheliophorum</i> von Marenzeller, 1886
Genus <i>Sinularia</i> May, 1898
<i>Sinularia abrupta</i> Tixier-Durivault, 1970
<i>Sinularia brassica</i> May, 1898
<i>Sinularia compressa</i> Tixier-Durivault, 1945 NR
<i>Sinularia erecta</i> Tixier-Durivault, 1945
<i>Sinularia firma</i> Tixier-Durivault, 1970 NR
<i>Sinularia fungoides</i> Thomson & Henderson, 1906 NR

Jenis Octocorallia

Lanjutan Tabel 8

Sinularia grandilobata Verseveldt, 1980
Sinularia gravis Tixier-Durivault, 1970
Sinularia heterospiculata Verseveldt, 1970
Sinularia inelegans Tixier-Durivault, 1970 NR
Sinularia leptoclados (Ehrenberg, 1834)
Sinularia lochmodes Kolonko, 1926 NR
Sinularia macrodactyla Kolonko, 1926
Sinularia macropodia (Hickson & Hiles, 1900) NR
Sinularia numerosa Tixier-Durivault, 1970 NR
Sinularia polydactyla (Ehrenberg, 1834)
Sinularia rotundata Tixier-Durivault, 1970 NR
Sinularia terspilli Verseveldt, 1971 NR
Sinularia triangula Tixier-Durivault, 1970
Sinularia vrijmoethi Verseveldt 1971 NR
Nephtheidea Gray, 1862
Genus *Lemnalia* Gray, 1868
Lemnalia africana (May, 1898) NR
Lemnalia flava (May, 1898) NR
Lemnalia humesi Verseveldt, 1969 NR
Xeniidae Ehrenberg, 1828
Genus *Anthelia* Lamarck, 1816
Anthelia glauca Lamarck, 1816
Genus *Cespitularia* Milne-Edwards & Haime, 1850
Cespitularia caerulea May, 1898 NR
Cespitularia densa Tixier-Durivault, 1966 NR
Cespitularia erecta Macfadyen, 1939 NR
Genus *Heteroxenia* Kölliker, 1874
Heteroxenia fuscescens (Ehrenberg, 1834) NR
Genus *Xenia* Lamarck, 1816
Xenia crassa Shenck, 1896 NR
Briareidae Blainville, 1830
Genus *Briareum* Blainville, 1830

Distribusi dan Habitat

Jenis Octocorallia

<u>Lanjutan Tabel 8</u>

<i>Briareum hamrum</i> (Gohar, 1948) NR

Di perairan Singapura, khususnya di Pulau Kusu, Pulau Semakau, dan Pulau Hantu ditemukan genera *Cladiella*, *Lobophytum*, *Nephthea*, *Sarcophyton* dan *Sinularia* yang terdiri dari 16 spesies. Dari total 16 spesies Octocorallia yang ditemukan, sembilan diidentifikasi pada tingkat spesies, yaitu *Cladiella hartogi*, *C. pachyclados*, *Lobophytum crissum*, *L. pauciflorum*, *Sarcophyton ehrenbergi*, *S. glaucum*, *S. tenuispiculatum*, *S. trocheliophorum*, dan *Sinularia acuta*, dan tujuh yang tersisa diidentifikasi sampai ke tingkat genus, yaitu *Nephthea* sp. 1, *Nephthea* sp. 2, *Nephthea* sp. 3, *Nephthea* sp. 4, *Sinularia* sp. 1, *Sinularia* sp. 2, dan *Sinularia* sp. 3. Kelimpahan dan keragaman Octocorallia tertinggi didapatkan pada Pulau Kusu diikuti oleh P. Semakau dan P. Hantu. Pulau Kusu memiliki tutupan Octocorallia terbesar dengan total 17,35 m (berdasarkan panjang koloni total), sementara tutupan Octocorallia terendah didapatkan pada P. Hantu 1,70 m (berdasarkan panjang koloni total) (Seah *et al.*, 2015). Di pulau-pulau di bagian selatan lainnya di perairan Singapura ditemukan genera karang lunak *Carijoa* spp., *Cladiella* spp., *Sinularia* spp., *Lobophytum* spp., *Sarcophyton* spp., *Stereonephthya* spp., dan *Nephthea* spp. Selain itu, ditemukan juga genus karang lunak yang tidak teridentifikasi yang dari Pulau Kusu. *Cladiella* spp. menghasilkan jumlah koloni tertinggi, dan *Sarcophyton* spp.

memiliki tutupan tertinggi dalam hal diameter koloni total (Goh *et al.*, 2009).

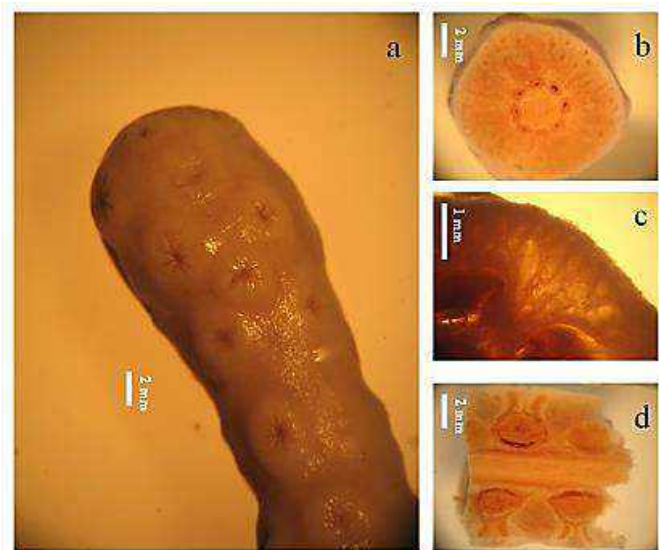
Octocorallia yang diteliti didapatkan dari perairan Hong Kong, yang diambil pada 18 lokasi dengan kedalaman sampai 25 m pada tahun 1999. Koleksi yang dikumpulkan sekitar 90 spesimen, yang menghasilkan sembilan spesies yang didistribusikan dalam tujuh genera Famili Alcyoniidae, Nephtheidae, dan Xenidae, ditambah kurang lebih 70 sampel Octocorallia yang tidak mengandung zooxanthellae (azooxanthellae) dari genera Dendronephthya (Famili Nephtheidae), Chironephthya, dan Nephthyigorgia (Famili Nidaliidae), yang tidak diidentifikasi pada tingkat spesies. Hasil penelitian ini berbeda dengan yang didapatkan pada penelitian di tempat lainnya. Pada penelitian ini jumlah dan kelimpahan spesies dari Famili Alcyoniidae dan Xenidae ditemukan relatif rendah. Padahal famili-famili ini biasanya berkontribusi pada proporsi spesies yang tinggi di wilayah Indo-Pasifik (Benayahu and Fabricius, 2010).

Di Pantai Pasifik Meksiko bagian selatan ditemukan 27 spesies gorgonia yang termasuk dalam enam genera dan tiga famili. Komposisi spesies bervariasi dengan perbedaan kedalaman. 11 spesies terdistribusikan antara kedalaman 0-25 m, sementara 17 spesies ditemukan antara interval kedalaman 40-70 m. Zona dangkal ditandai oleh kelimpahan gorgonian yang relatif besar, didominasi oleh koloni *Leptogorgia cuspidata* dan *Leptogorgia ena*. Sebaliknya, zona dalam ditandai oleh kelimpahan gorgonian yang relatif rendah, didominasi oleh

Distribusi dan Habitat

Leptogorgia alba. Analisis kemiripan menunjukkan perbedaan komposisi dan kelimpahan spesies berdasarkan kedalaman dan lokasi, menunjukkan bahwa faktor utama dalam menentukan struktur kelimpahan adalah kedalaman. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kekayaan spesies gorgonian tertinggi di wilayah studi dapat ditemukan pada kedalaman 40-70 m, sedangkan kelimpahan tertinggi ditemukan antara kedalaman 5 dan 10 m (Abeytia *et al.*, 2013). Di perairan barat daya Atlantik, di sepanjang pantai Rio de Janeiro sampai ke pantai patagonik di Argentina terdistribusi spesies *Tripalea clavaria* (Gambar 132). Spesies ini adalah koloni Scleraxonia dari Octocorallia (Excoffon *et al.*, 2004 dalam Perez dan Neves, 2007). Spesies ini oleh beberapa peneliti menganggapnya spesies yang hanya hidup di perairan dingin dengan suhu perairan lebih rendah dari 20°C, yang distribusinya hanya Guanabara Bay di Rio de Janeiro, namun berbeda dengan yang ditemukan oleh Perez dan Neves (2007) yang menunjukkan bahwa *Tripalea clavaria* bukanlah spesies eksklusif perairan dingin dan merupakan spesies yang eurythermal. Hal ini menekankan plastisitas yang besar adaptasinya terhadap lingkungan yang berbeda. Sementara di Barat Laut Atlantik menurut Cairns dan Cordeiro (2017) ditemukan genus dan spesies baru karang emas *Flagelligorgia gracilis* (Anthozoa, Octocorallia, Chrysogorgiidae). Genus dan spesies ini termasuk dalam Famili Chrysogorgiidae (menunggu konfirmasi analisis molekuler). *Flagelligorgia* secara morfologis menyerupai Famili Chrysogorgiidae tidak bercabang lainnya,

seperti Genera *Distichogorgia*, *Chalcogorgia*, *Helicogorgia* dan *Radicipes*.



Gambar 132. *Tripalea clavaria* (Studer, 1878). a, koloni; b, potongan melintang saluran longitudinal; c, detail korteks lacunar bagian dalam; d, potongan longitudinal polip yang tertarik

g. Sea Raspberry (*Gersemia rubiformis* Ehrenberg, 1834)

Habitat dan distribusi luas *Gersemia rubiformis* di sebelah utara Arktik, baik di Pasifik maupun Atlantik dilaporkan terdapat semua laut Arktik (kecuali Laut Putih), dan selatan California. Koloni membutuhkan substrat

Distribusi dan Habitat

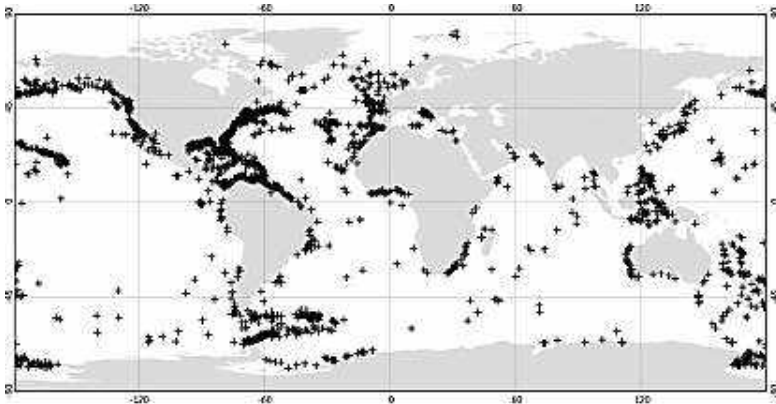
keras untuk menancapkan diri. Sering ditemukan pada batu-batu kecil atau fragmen cangkang-cangkang kerang pada sublitoral sampai kedalaman lebih dari 200 m (http://www.arcodiv.org/seabottom/cnidaria/Gersemia_rubiformis.html).

h. Octocorallia Secara Global

Data distribusi Octocorallia yang dikumpulkan dari museum, laporan perjalanan penelitian laut, peneliti laut dalam, institusi oseanografi, dan publikasi sampai ke suatu bentuk data base tunggal. Terdapat total 85 sumber data yang terpisah yang dipakai: 21 institut/ museum/ online databases/ peneliti individual, dan 64 Jurnal original/ sumber laporan. Pembersihan data dan proses penyaringannya telah dipakai untuk membuang data yang kualitasnya jelek (Cairns, 2007)

Dari sumber data yang telah mengalami pembersihan dan penyaringan didapatkan 12.508 sampel data Octocorallia yang terdistribusi secara global di seluruh dunia, seperti yang tergambar pada Gambar 133. Selain itu, terdapat juga ikhtisar taksonomi genera karang lunak secara global yang diketahui distribusinya di samudera tropis yang mencakup enam wilayah, yaitu Samudera Hindia Barat, Samudera India Timur, Pasifik Barat-Tengah, Pasifik Timur, Atlantik Barat, dan Atlantik Timur. Sebagai tambahan, status konservasi masing-masing genus disajikan berkenaan dengan perdagangan internasional-

nya (CITES) dan apakah telah dinilai terhadap Kategori dan Kriteria dari IUCN Daftar merah Spesies Terancam. Dari hasil penelusuran tersebut didapatkan 126 genus karang lunak (kebanyakan Alcyonaceae) yang *range* distribusi terkaya terdapat pada samudera Pasifik Barat-Tengah. *Range* yang paling umum di antara genera adalah Indo-Pasifik Barat, dari Samudera Hindia Barat sampai Barat Pasifik Tengah (Hoeksema dan Ofwegen, 2008). Daftar genera karang lunak yang masih ada dengan kehadiran atau ketidakhadirannya (-) di daerah samudera tropis, dan status konservasinya dapat dilihat pada tabel 9.



Gambar 133. Distribusi global octocorallia laut dalam (deep sea) yang diteliti berdasarkan database pada 12.508 sampel (Yesson *et al.*, 2012)

Distribusi dan Habitat

Tabel 9. Daftar genera dari Subkelas Octocorallia di samudera daerah tropis, dan status konservasinya (Hoeksema dan Ofwegen, 2008)

Infrakingdom Coelenterata Leuckart, 1847									
Phylum Cnidaria Hatschek, 1888									
Superclass Anthozoa (Ehrenberg, 1831) Cavalier-Smith, 1998									
Class Anthozoa Ehrenberg, 1831									
Subclass Octocorallia Haeckel, 1866									
Order Helioporacea Book, 1936 (= Coenothecalia Bourne, 1905)									
Family Helioporidae Moseley, 1976									
Heliopora de Blainville, 1830	WI	EI	WCP	-	-	-	-	C	I
Suborder Alcyoniina Lamouroux, 1816									
Family Xeniidae Verrill, 1864									
<i>Anthelia</i> Lamarck, 1816	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Asterosporifera</i> Uchida, 1951	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Boyeriana</i> Alderslade, 2001	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Cespulifera</i> Milne-Edwards, 1857	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Ephelotomus</i> Gohar, 1934	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Furcillus</i> Tixier-Dunvaul, 1970	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Heterocoene</i> Kottiker, 1874	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Ingolia</i> Alderslade, 2001	-	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Ixon</i> Alderslade, 2001	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Orangasala</i> Alderslade, 2001	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Oxabunda</i> Alderslade, 2001	WI	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sansibia</i> Alderslade, 2000	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Symphodium</i> Ehrenberg, 1834	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Xenia</i> Lamarck, 1816	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
Order Alcyonacea Lamouroux, 1816									
Suborder Stolonifera Hickson, 1883									
Family Acrossoidae Bourne, 1914									
<i>Acrossota</i> Bourne, 1914	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
Family Clavulariidae Hickson, 1884									
<i>Carissa</i> Muller, 1867	WI	EI	WCP	-	WA	-	-	-	-
<i>Cerivara</i> Lopez-Gonzalez <i>et al.</i> , 1995	-	-	WCP	-	-	EA	-	-	I
<i>Clavularia</i> Blainville, 1830	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Knoppia</i> Alderslade & MuPadden, 2007	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Moolabala</i> Alderslade, 2001	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Paravelata</i> Lilljorin, 1958	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Telesto</i> Lamouroux, 1812	-	-	-	-	WA	-	-	-	-
Family Coelogorgiidae Bourne, 1909									
<i>Coelogorgia</i> Milne Edwards & Haime, 1857	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
Family Tubiporidae Ehrenberg, 1828									
<i>Tubipora</i> Linnaeus, 1758	WI	EI	WCP	-	-	-	-	C	I

Tabel 9. Lanjutan

<i>Liloptylon</i> Fensholt, 1775	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Neespogonodes</i> Kükenthal, 1905	-	-	-	-	WA	-	-	-
<i>Nephtyia</i> Andouin, 1828	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Pleophyton</i> Williams, 1957	-	-	WCP	-	-	-	-	-
<i>Parakimafia</i> Kükenthal, 1913	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Scleronephthya</i> Sluder, 1887	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Stereonephthya</i> Kükenthal, 1905	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Umbellulera</i> Thomson & Dean, 1931	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
Family Nidaliidae Gray, 1869								
<i>Caronephthya</i> Sluder, 1887	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Nephtyigorgia</i> Kükenthal, 1910	-	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Nudala</i> Gray, 1834	-	EI	WCP	-	WA	-	-	-
<i>Nidaliopsis</i> Kükenthal, 1906	-	-	-	-	-	EA	-	-
<i>Siphonogorgia</i> Kolliker, 1874	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
Family Paralcyonidae Gray 1869								
<i>Deceperus</i> Olvegen & Benayahu, 2005	-	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Studeocetes</i> Thomson & Simpson, 1939	-	EI	WCP	-	-	-	-	-
Family Alcyoniidae Lamouroux, 1812								
<i>Alcyonium</i> Linnaeus, 1758	-	-	-	-	-	EA	-	2
<i>Bellonella</i> Gray, 1852	-	-	WCP	-	-	-	-	-
<i>Cladoflora</i> Gray, 1869	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Elaeothecia</i> Potter, 1909	WI	-	WCP	-	-	-	-	-
<i>Klyxum</i> Alderslade, 2000	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Lobophytum</i> von Marzeller, 1866	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Paramuricea</i> Williams & Alderslade, 1959	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Rhytisma</i> Alderslade, 2000	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Sarcophyton</i> Lesson, 1834	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Sirostaria</i> May, 1858	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Protodendron</i> Thomson & Dean, 1931	WI	-	WCP	-	-	-	-	-
Family Nephtheidae Gray, 1862								
<i>Capnella</i> Gray, 1869	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Chromonephthea</i> Olvegen, 2005	-	EI	WCP	-	WA	-	-	3
<i>Dendronephthya</i> Kükenthal, 1905	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Lemnalia</i> Gray, 1868	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Leptolphyton</i> Olvegen & Schleyer, 1997	WI	-	-	-	-	-	-	-
Suborder Scleraxonia Sluder, 1887								
Family Anthothelidae Broch, 1916								
<i>Alethigorgia</i> Kükenthal, 1900	-	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Anthopodium</i> Verill, 1872	-	-	-	-	WA	-	-	-
<i>Diodogorgia</i> Kükenthal, 1919	-	-	-	-	WA	-	-	-
<i>Erythropodium</i> Kolliker, 1865	-	-	WCP	-	WA	-	-	-
<i>Jollygorgia</i> Duchassaing, 1870	-	-	WCP	-	WA	-	-	-
<i>Solenastrea</i> Gray, 1862	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Tataneum</i> Verill, 1864	-	-	-	-	WA	-	-	-
Family Briareidae Gray, 1859								
<i>Briareum</i> Blainville, 1834	WI	EI	WCP	-	WA	-	-	-

Distribusi dan Habitat

Tabel 9. Lanjutan

Family Melithaeidae Gray, 1870								
<i>Acabana</i> Gray, 1859	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Clathra</i> Gray, 1859	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Melithaea</i> Milne Edwards & Haime, 1857	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Mopasia</i> Gray, 1857	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Wrightella</i> Gray, 1870	WI	-	WCP	-	-	-	-	-
Family Parisiidae Aurivillius, 1931								
<i>Parisa</i> Verill, 1864	WI	-	WCP	-	-	-	-	-
Family Subergorgiidae Gray, 1859								
<i>Annella</i> Gray, 1858	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Subergorgia</i> Gray, 1857	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
Family Keroelidae Kinoshita, 1910								
<i>Keroelax</i> (Studer & Wright), 1867	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
Suborder Holaxonia Studer, 1867								
Family Acanthogorgiidae Gray, 1859								
<i>Acanthogorgia</i> Gray, 1857	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Anthogorgia</i> Verill, 1868	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Muricea</i> Verill, 1868	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
Family Plexauridae Gray, 1859								
<i>Adeogorgia</i> Bayer, 1958	-	-	-	EP	-	-	-	-
<i>Astrogorgia</i> Verill, 1868	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Bolivaea</i> Philippi, 1841	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Dicogorgia</i> Kükenthal, 1910	WI	-	WCP	-	-	-	-	-
<i>Ectogorgia</i> Kükenthal, 1865	WI	EI	WCP	EP	-	-	-	-
<i>Ectocarpus</i> Verill, 1868								
<i>Ectocarpus</i> Verill, 1868	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Eunoea</i> Lamouroux, 1818	-	-	-	-	WA	-	-	-
<i>Eupatorium</i> Verill, 1868	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Heterogorgia</i> Verill, 1868	-	-	-	EP	-	-	-	-
<i>Aloniella</i> Gray, 1870	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Muricea</i> Lamouroux, 1821	-	-	-	EP	WA	-	-	-
<i>Muriceopsis</i> Aurivillius, 1931	-	-	-	-	WA	EA	-	-
<i>Paraisa</i> Kükenthal, 1919	WI	-	WCP	-	-	-	-	-
<i>Paramuricea</i> Kükenthal, 1865	-	-	-	-	-	EA	-	-
<i>Paraplexaura</i> Kükenthal, 1905	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Plexaura</i> Lamouroux, 1812	-	-	-	-	WA	-	-	-
<i>Plectambra</i> Kükenthal, 1865	-	-	-	-	WA	-	-	-
<i>Plectrogorgia</i> Verill, 1868	-	-	-	EP	-	-	-	-
<i>Pseudocleocora</i> Wright & Studer, 1889	-	-	-	-	WA	-	-	-
<i>Sphaeromuricea</i> Grasshoff, 1992	-	-	-	-	-	EA	-	-
<i>Thalassia</i> Duchassaing & Michelotti, 1880	-	-	-	EP	-	-	-	-
<i>Tramuricea</i> Gordon, 1926	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Wiborgia</i> Duchassaing & Michelotti, 1860	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
Family Gorgoniidae Lamouroux, 1812								
<i>Eunoea</i> Verill, 1868	-	-	-	-	-	EA	-	-
<i>Euzorgia</i> Verill, 1868	-	-	-	EP	-	-	-	-
<i>Gorgonia</i> Linnaeus, 1758	-	-	-	-	WA	-	-	-
<i>Guaigorgia</i> Grasshoff & Alderslade, 1997	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-
<i>Hicksonia</i> Nutting, 1910	-	-	-	WCP	-	-	-	-
<i>Leptogorgia</i> Milne Edwards & Haime, 1857	WI	EI	WCP	EP	WA	EA	-	-
<i>Pachogorgia</i> Milne Edwards & Haime, 1857	-	-	-	EP	WA	-	-	-
<i>Phycogorgia</i> Milne Edwards & Haime, 1850	-	-	-	EP	-	-	-	-
<i>Phyllogorgia</i> Milne Edwards & Haime, 1850	-	-	-	-	WA	-	-	-
<i>Pyrogorgia</i> Grasshoff & Alderslade, 1997	-	-	-	WCP	-	-	-	-
<i>Pseudoclerogorgia</i> Kükenthal, 1910	-	-	-	-	WA	-	-	-
<i>Pterogorgia</i> Ehrenberg, 1834	-	-	-	-	WA	-	-	-
<i>Rumphella</i> Bayer, 1955	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-

Tabel 9. Lanjutan

Suborder <i>Calcaxonia</i> Grasshoff, 1999									
Family <i>Ellisellidae</i> Gray, 1859	-	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Cherocella Valenciennes</i> , 1855	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Dichotella</i> Gray, 1870	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Eilsella</i> Gray, 1858	WI	EI	WCP	EP	WA	EA	-	-	-
<i>Heberia</i> Gray, 1860	-	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Juncoella Valenciennes</i> , 1855	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Nicola</i> Gray, 1870	WI	EI	WCP	-	WA	-	-	-	-
<i>Verucella</i> Milne Edwards & Haime, 1857	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Vamineia</i> Gray, 1870	WI	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
Family <i>Makellidae</i> Bayer, 1955	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Makella</i> Bayer, 1995	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Panurgorgia</i> Nutting, 1910	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
Family <i>Chrysogorgiidae</i> Verrill, 1883	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanogorgia</i> Bayer & Muzik, 1976	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
Family <i>Prinnoidae</i> Gray, 1857	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Prinnella</i> Gray, 1870	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
Family <i>Isididae</i> Lamouroux, 1812	-	EI	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Isla</i> Linnaeus, 1758	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Isomiralis</i> Alderslade, 1998	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Pteropsis</i> Alderslade, 1998	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-
<i>Zigrasis</i> Alderslade, 1998	-	-	WCP	-	-	-	-	-	-

Keterangan: WI = Samudera India Barat, EI = Samudera India Timur, WCP = Samudera Pasifik Barat dan Tengah, EP = Samudera Pasifik Timur, WA = Samudera Atlantik Barat, EA = Samudera Atlantik Timur, C = CITES Appendix 2, I = IUCN Red List Assesment

BAB V

REPRODUKSI DAN PERKEMBANGAN

1. Reproduksi Aseksual

Reproduksi aseksual pada dasarnya adalah kloning koloni dewasa. Kloning ini melibatkan beberapa mode yang dikenal sebagai partenogenesis, serta fragmentasi yang tidak disengaja dan fragmentasi terprogram (termasuk perbanyak vegetatif, dan fenomena yang disebut "*dripping*", "*popping*" and "*budding*") (Riddle, 2008).

Pada Octocorallia, reproduksi secara seksual tampaknya sama pentingnya dengan kelompok scleractinia, sementara reproduksi secara aseksual juga berhasil baik (Yamasato *et al.* 1981; Fadallah *et al.* 1984 *dalam* Sorokin 1992). Reproduksi aseksual dapat terjadi melalui fragmentasi dan polip-polip yang memisahkan diri dari koloni induk (Sammarco, 1986 *dalam* Veron, 1995; Walker dan Bull, 1983 *dalam* Tomascik *et. al.*, 1997).

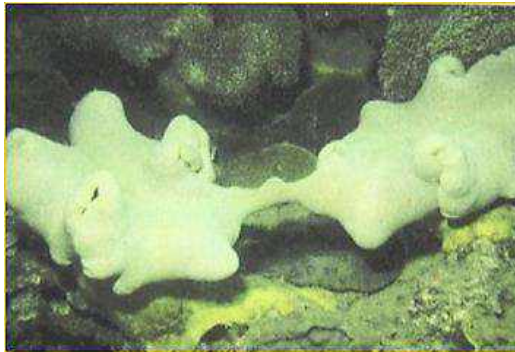
Karang lunak dapat bereproduksi secara seksual dan aseksual (Bayer, 1956), tetapi reproduksi aseksual belum banyak diteliti. Padahal di alam, reproduksi aseksual merupakan suatu mekanisme penting dalam peningkatan jumlah individu koloni di mana koloni tersebut berada. Reproduksi aseksual yang umum terjadi adalah dengan cara pertumbuhan koloni, fragmentasi,

pertunasan (*budding*) (Gambar 134), pembelahan melintang (*transverse fission*) (Gambar 135), pencabikan pedal (*pedal laceration*) (Sprung dan Delbeek, 1997), pembentukan stolon (Gambar 136) (Fabricius dan Alderslade, 2001), polip bailout (Gambar 137), sedangkan menurut Laskers (1988, 1990) dalam Dahan dan Benayahu (1997), *Cloning* dengan pembelahan tubuh, seperti pertunasan (*budding*), pembelahan atau fragmentasi banyak terjadi pada Octocorallia. Menurut Benayahu dan Loya (1981), Karang lunak (Octocorallia: Alcyonacea) banyak didapatkan dalam kumpulan koloni yang monospesifik pada daerah terumbu karang kemungkinan besar disebabkan oleh proses reproduksi aseksual. Selain cara tersebut di atas, Menurut Riddle (2008) reproduksi aseksual yang lain pada Octocorallia adalah reproduksi partenogenik, yaitu melibatkan pengembangan telur yang tidak dibuahi dengan potensi untuk matang menjadi koloni yang baru. Partenogenesis umum terjadi pada beberapa serangga, dan setidaknya satu spesies karang lunak *Alcyonium* sp., satu spesies gorgonian *Plexaura* sp., dan beberapa karang Skleractinia, *Pocillopora damicornis*, *Fungia scutaria*, *Porites lobata* dan *Porites lutea*. Proses ini akan memiliki keuntungan ketika individu dengan ukuran reproduksi yang jarang, namun memiliki kelemahan besar pada koloni karena cara partenogenik yang diproduksi hanyalah klon (betina) dan tidak memiliki keragaman genetik.

Reproduksi dan Perkembangan



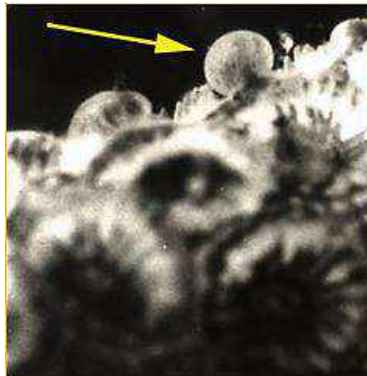
Gambar 134. Pertunasan (budding) pada Octocorallia
(Fabricius dan Alderslade, 2001)



Gambar 135. Pembelahan melintang (*transverse fission*) pada Octocorallia
(Fabricius dan Alderslade, 2001)



**Gambar 136. Pembentukan stolon pada Octocorallia
(Fabricius dan Alderslade, 2001)**



Gambar 137. Polip *bailout* pada Octocorallia

Fragmentasi adalah pemecahan koloni karang lunak menjadi kepingan-kepingan yang dijatuhkan pada substrat disekitar koloni induk. Kepingan-kepingan tersebut akan

Reproduksi dan Perkembangan

menempel dengan cepat dan berkembang menjadi koloni baru (Tomascik et.al. 1997). Fragmentasi pada genera *Alcyonium*, *Lemnalia*, *Litophyton*, *Nepthea* dan *Sclerocnepthea* terjadi dengan cara mendorong tumbuhnya alga sebagai cara untuk memisahkan ujung cabang yang sedang tumbuh. Helaiian filamen alga tumbuh disekeliling cabang dan membelitnya sampai cabang berhasil digugurkan dan melekat kembali pada suatu tempat. Genus *Capnella* menggunakan pembengkakan pada ujung cabang dengan air tepat sebelum mereka terpisah dari koloni induknya (Sprung dan Delbeek, 1997 dalam Sandy, 2000). Spesies *Sinularia fleksibilis*, *Lobophytum pauciflorum* dan *Sarcophyton glaucum* sering dijumpai berupa fragmen hidup yang tidak menempel pada substrat. Kondisi ini terjadi pada saat fragmen akan menempel pada substrat. Fragmentasi dapat juga terjadi karena adanya predator dan gangguan alam seperti badai. Serangan dari cacing, siput dan ikan pada marga *Sarcophyton* dapat merusak koloni, tetapi menghasilkan sejumlah keturunan dari sisa jaringan (Tursch dan Tursch, 1982).

Cambuk laut *Junceella fragilis* bereproduksi vegetatif dengan cara autotomy dari ujung koloni. Polip dan jaringan koenenkim yang diresorpsi pada titik subterminal di mana inti aksial melepaskan koloni anakan. Ujung koloni yang akan terlepas menyentuh substrat, dan tumbuh menjadi koloni yang baru. Koloni besar memiliki frekuensi yang lebih tinggi melakukan reproduksi autotomy daripada koloni kecil meskipun koloni anaknya lebih panjang. Proses reproduksi aseksual menghasilkan sekumpulan *J. fragilis* dengan kepadatan hingga 300 koloni per m² (Gambar 138) di kawasan sepanjang Great Barrier Reef (Walker dan Bull, 1983).



Gambar 138. Kumpulan koloni *Junceella fragilis* hasil reproduksi aseksual di Great Barrier Reef

Selain melakukan reproduksi aseksual secara alami, *Octocorallia* juga bisa secara buatan (*artificial*). Kegiatan semacam ini banyak diaplikasikan pada perbanyakan vegetatif (fragmentasi buatan) pada kegiatan transplantasi karang lunak untuk kegiatan rehabilitasi maupun untuk komersil pada perusahaan pengeksplor karang.

Karang lunak yang paling mudah diperbanyak adalah Genera *Sarcophyton*, *Lobophytum*, *Sinularia*, *Litophyton*, *Xenia* dan *Anthelia*. Penempelan fragmen buatan ini akan berhasil dengan baik bila didukung oleh faktor lingkungan yang optimal dan substrat dasar yang baik (Paletta, 1994 dalam Sandy, 2000). Karang lunak massif seperti Genus *Sarcophyton*, pertunasan untuk individu baru adalah hal biasa terjadi. Pertunasan ini

Reproduksi dan Perkembangan

terjadi dekat dasar tangkai atau dekat pinggir kapitulum (Sprung dan Delbeek, 1997 *dalam* Sandy, 2000).

Menurut Nisa (2011) mekanisme reproduksi aseksual pada *Octocorallia*, yang mencakup fragmentasi, pembentukan tunas, pembelahan melintang, dan pencabikan pedal adalah sebagai berikut:

- a. Fragmentasi, penempelan fragmen buatan akan berhasil dengan baik bila kondisi lingkungan pun optimal dan substrat dasarnya pun baik. Karang lunak yang paling mudah diperbanyak adalah genus *Sarcophyton*, *Sinularia*, *Xenia*, dan *Anthelia*. Fragmentasi dapat juga terjadi karena adanya predator dan gangguan alam seperti badai. Serangan dari cacing, siput, dan ikan pada *Sarcophyton* dapat merusak koloni. Namun, penggunaan fragmentasi mampu menghasilkan sejumlah keturunan dari sisa jaringan.
- b. Pembentukan tunas, biasa terjadi pada karang lunak masif seperti *Sarcophyton* di bagian dekat dasar tangkai atau pada bagian pinggir kapitulum. Jika pertunasan terjadi pada koloni yang masih kecil, maka anak dan induk akan tumbuh bersama-sama untuk membentuk koloni bertangkai banyak. Bila koloni induk yang bertunas sudah berukuran besar maka tunas yang tumbuh akan tetap kerdil karena terhalang oleh koloni induk.
- c. Pembelahan melintang, terjadi pada *Xenia* spp, dimana pembelahan diawali dengan terpisahnya tangkai mulai dari dasar terus memanjang ke arah vertikal diantara dua

cabang terbesar, hingga akhirnya dapat menghasilkan dua koloni berukuran sama. Proses ini memakan waktu beberapa bulan untuk sampai benar-benar terpisah. Namun untuk *Xenia* spp hanya membutuhkan waktu satu minggu saja.

- d. Pencabikan pedal (*pedal laceration*), koloni benar-benar bergerak melintasi substrat mengikuti jaringan bagian basalnya. Selanjutnya, jaringan ini dapat terus menempel atau menjadi terlepas dan menjadi individu baru.

2. Reproduksi Seksual

a. Seksualitas dan Mode Reproduksi

Tipe seksualitas karang ada dua, yaitu gonokhorik dan hermiprodit. Gonokhorik adalah spesies karang (berkoloni atau soliter) yang memproduksi hanya gamet jantan atau betina selama hidupnya, sedangkan hermafrodit adalah spesies karang (berkoloni atau soliter) yang menghasilkan baik gamet jantan atau betina selama hidupnya. Spesies ini memiliki ovarium dan sperma yang berkembang pada mesenterium yang sama, pada mesenterium yang berbeda dalam polip yang sama, pada polip yang berbeda dalam koloni yang sama, atau pada waktu yang berbeda dalam koloni yang sama (Richmond (1997)).

Kebanyakan Octocorallia adalah gonokhorik, yang memijah (*broadcast spawner*) atau mengerami (*mengerami brooding*), namun jenis yang hermiprodit dan parthogenik dapat juga ditemukan diantara mereka

Reproduksi dan Perkembangan

(Benayahu dan Loya, 1984 dalam Sorokin, 1992). Jenis yang hermaprodit seperti *Heteroxenia elizabethae*, *Heteroxenia fuscescen*, *Heteroxenia ghadagensis* dan *Xenia viridis* (Benayahu dan Loya, 1984 dalam Sandy, 2000), *Alcyonium* dan *Xenia* (Nisa, 2011), *Sinularia flexibilis* (Haris dan Rani, 2011). Seksualitas yang lainnya adalah gonokhorik. Octocorallia yang gonokhorik adalah *Anthelia*, *Sinularia*, *Sarcophyton*, *Lobophytum*, *Cladiella*, *Dendronephthya* (Nisa, 2011), *Sarcophyton glaucum* (Benayahu dan Loya, 1986; Schleyer *et al.*, 2004), *Dendronephthya hemprichi* (Dahan dan Benayahu, 1997), *Carijoa riisei* (Kahng *et al.*, 2008), *Eunicella singularis* (Ribes *et al.*, 2007), *Anthoplexaura dimorpha* (Seo *et al.*, 2008), *Tripalea clavaria*, (Excoffon *et al.*, 2011), *Calicogorgia granulosa* (Young Cho, dan Im Song, 2005), Pena laut *Malacobelemnion daytoni* (Servetto *et al.*, 2013), *Alcyonium coralloides* (Quintanilla *et al.*, 2013), karang mulia *Paracorallium japonicum*, *Corallium elatius*, dan *C. konojoi* (Nonaka *et al.*, 2015), *Heliopora coerulea* (Toh *et al.*, 2015).

Pada Alcyonacea memiliki tiga cara reproduksi untuk menjamin kesuksesan reproduksinya yaitu pemijahan gamet ke kolom perairan memijah/*broadcast spawning*, mengerami internal (*internal brooding*), dan mengerami eksternal (*external brooding*). Pemijahan gamet ke kolom perairan, merupakan cara reproduksi yang paling umum terjadi pada Alcyonacea. Cara ini akan disertai dengan

proses fertilisasi dan perkembangan embrio di kolom perairan. Proses pemijahan pada Alcyonacea biasanya mengikuti pemijahan massal secara serempak dengan organisme lain di ekosistem terumbu karang sebagai suatu bentuk strategi untuk mengurangi tekanan predasi pada gamet yang baru saja dikeluarkan (Simpson, 2008). *Heliopora coerulea* (Gambar 139) adalah Octocorallia yang gonokhorik yang *external brooding* (Toh *et al.*, 2015).



Gambar 139. Eksternal brooding koloni *Heliopora coerulea* (diameter sekitar 40 cm) di terumbu Singapore

Dendronephthya hemprichi di Eilat (Laut Merah) adalah spesies yang memijah (*broadcast spawning*), yaitu kelamin yang terpisah. Gonad pada semua tahap perkembangan ditemukan sepanjang tahun. Kantung

Reproduksi dan Perkembangan

sperma dan oosit berukuran kecil dengan diameter 51-100 μm , sangat berlimpah, dan dikelilingi oleh sejumlah gonad primordial yang berukuran kecil. Hasil penggambaran tersebut menunjukkan bahwa gametogenesis berlangsung secara terus menerus, dan menyebabkan pematangan sperma dan pelepasan oosit terjadi sepanjang tahun (Dahan dan Benayahu, 1997). *Sarcophyton glaucum*, terungkap bahwa gametogenesis terjadi pada koloni jantan dan betina masing-masing memakan waktu 9-10 bulan dan 16-18 bulan, bertipe *gonochoric spawner*. Gametogenesis dan pemijahan bersamaan di dalam dan di antara koloni, dan dengan karang lunak umum lainnya di terumbu KwaZulu-Natal, Afrika Selatan. Pemijahan terjadi setiap tahun pada bulan Maret antara bulan purnama dan bulan baru dengan pelepasan sperma dan oosit matang, oosit yang lebih kecil dipertahankan untuk pengembangan lebih lanjut (Schleyer *et al.*, 2004).

Pengeraman internal (*internal brooding*) biasa terjadi pada genus *Xenia*, *Heteroxenia*, dan *Anthelia*. Telur biasanya tetap berada di dalam polip hingga akhirnya terjadi proses pembuahan dan larva akan dikeluarkan ke kolom perairan, sedangkan pengeraman eksternal (*external brooding*), terjadi pada genus *Alcyonium* dan *Capnella*. Telur akan dikeluarkan di permukaan koloni karang lunak dan menunggu hingga terjadi proses fertilisasi. Cara ini merupakan strategi terhadap

rendahnya kesuburan gamet sebagai upaya untuk meningkatkan kelangsungan hidup larva dari bahaya predasi (Hwang dan Song, 2008 *dalam* Nisa, 2011). Spesies lainnya yang *internal brooding* adalah *Alcyonium coralloides*. Larva ditemukan di dalam polip-polip koloni betina. Kantung sperma terdapat pada rongga gastrovascular pada koloni-koloni jantan (Quintanilla *et al.*, 2013).

Heliopora coerulea juga dikenal sebagai pengeram/*brooder* yang fertilisasi dan perkembangan larvanya berlangsung di dalam polip betina. Namun faktor penting seperti strategi *mengerami* dan juga konektivitas genetik di dalam dan di antara terumbu masih belum diketahui. Proses *mengerami (brooding)* yang ditemukan dibagi menjadi 5 tahap: 1) peregangannya tanpa larva, 2) mengerami (*brooding*) larva dengan tentakel, 3) larva hanya tertinggal di permukaan, 4) melepaskan larva dan 5) semua larva dikeluarkan (Yasuda *et al.*, 2010).

Hasil pengamatan di lapangan (*in-situ*) dan di bak perlakuan (*hatchery*) menunjukkan bahwa tingkah laku pemijahan pada karang lunak *S. fleksibilis* terlihat telur dan sperma disemprotkan secara terpisah melalui mulut polip dengan suatu kontraksi yang cepat. Proses tersebut berlangsung seketika dan terlihat hanya 1 – 2 kali pada saat pengamatan untuk setiap koloni yang melakukan aktivitas pemijahan. Hasil ini juga dapat diperkuat dengan hasil histologi dimana kehadiran telur dan sperma

Reproduksi dan Perkembangan

umumnya terdapat pada polip yang berbeda (Haris dan Rani, 2011).

Menurut Simpson (2006) yang menghimpun beberapa tulisan, seksualitas dan mode reproduksi beberapa Alcyonacea, Gorgonacea, dan Pennatulacea adalah sebagai berikut:

- **Alcyonacea:** *Alcyonium acaule*, *Alcyonium palmatum*, *Clavularia crassa*, *Clavularia inflata*, *Pachyclavularia violacea*, *Cornularia komaii*; *Cornularia sagamiensis*, *Anthelia formosa*, mengerami (brooding); *Alcyonium aspiculatum*, *Alcyonium digitatum*, *Alcyonium molle*, *Cladiella pachyclados*, *Lobophytum compactum*, *Lobophytum crassum*, *Lobophytum hirsutum*, *Lobophytum microlobatum*, *Lobophytum pauciflorum*, *Lobophytum planum*, *Lobophytum sarcophoides*, *Sarcophyton crassocaule*, *Sarcophyton cf. ehrenbergi*, *Sarcophyton glaucum*, *Sarcophyton trocheliophorum*, *Sinularia conferta*, *Sinularia cruciata*, *Sinularia deformis*, *Sinularia dura*, *Sinularia humesi*, *Sinularia liptoclados*, *Sinularia lochmodes*, *Sinularia mayi*, *Sinularia polydactyla*, *Sinularia rigida*, *Dendronephthya hemprichi*, gonokhorik, memijah (broadcast spawning); *Alcyonium hibernicum*, *Alcyonium siderium*, *Anthomastis ritteri*, *Capnella gaboensis*, *Dendronephthya sinaiensis*, *Litophyton arboretum*, *Heteroxenia ghardaqensis*, *Xenia biseriata*, *Xenia blumi*, *Xenia farauensis*, *Xenia garciae*, *Xenia hicksoni*,

Xenia impulsatilla, *Xenia membranacea*, *Xenia obscuronata*, gonokhorik, mengerami (brooding); *Minabea robusta*, *Paraerythropodium fulvum fulvum*, *Clavularia hamra*, *Efflatounaria sp.*, *Xenia macrospiculata*, gonokhorik, external surface brooding; *Anthelia glauca*, gonokhorik, external & internal brooding; *Heteroxenia coheni*, *Heteroxenia fuscescens*, hermaphroditic, mengerami (brooding); *Heteroxenia elizabethae*, hermaphrodit & gonokhorik, dimorphic brooding; *Sympodium caeruleum*, *Xenia umbellate*, gonokhorik, internal brooding.

- **Gorgonacea:** *Briarium asbestinum*, *Briarium stechei*, gonokhorik, surface brooding; *Corallium rubrum*, *Eunicella stricta*, *Pseudopterogorgia bipinnata*, *Acanella arbuscula*, *Eunicea clavigera*, *Muricea californica*, *Muricea fructicosa*, *Ainigmaptilon antarcticum* gonokhorik, brooder; *Eunicella singularis*, brooder; *Leptogorgia virgulata*, *Plexaura flexuosa*, *Plexaura homomalla*, *Plexaura kuna*, *Pseudoplexaura porosa*, gonokhorik, memijah (broadcast spawning); *Pseudopterogorgia elizabethae*, gonokhorik, external brooding; *Paramuricea clavata*, gonokhorik, surface brooding; *Fannyella rossii*, brooder; *Thouarella variabilis*, gonokhorik, internal brooding.
- **Pennatulacea:** *Kophobelemnion stelliferum*, gonokhorik, kemungkinan memijah (broadcast spawning); *Ptilosarcus guernei*, gonokhorik, memijah

Reproduksi dan Perkembangan

(*broadcast spawning*); *Pennatula aculeate*, gonokhorik, memijah (*broadcast spawning*).

Selain kelompok Octocorallia tersebut di atas, karang mulia (*precious corals*) telah diteliti oleh Nonaka *et al.* (2015) *Ryukyu Archipelago*, bagian paling selatan Jepang pada tiga karang mulia yang bernilai ekonomis tinggi, yaitu *Paracorallium japonicum*, *Corallium elatius*, dan *C. konojoi*. Hasilnya strategi reproduksi seksual tiga karang mulia tersebut diterminasi sebagai *gonochoristic broadcast spawning*. Semua gonad yang didapatkan terdiferensiasi atau dapat dibedakan pada siphonozoid, dan tidak pada autozoid (Nonaka *et al.*, 2015).

b. Fertilisasi

Karang lunak diketahui berkembang biak dengan tiga cara yaitu: fertilisasi internal, yaitu telur yang dibuahi tetap tinggal pada permukaan tubuh; fertilisasi eksternal, yaitu telur yang dibuahi akan berkembang menjadi planula yang planktonis; reproduksi aseksual dengan pelebaran atau pertumbuhan koloni, dan fragmentasi (Manuputty, 1996a).

Polip yang fertil adalah polip autozoid, memiliki alat kelamin atau gonad terpisah, masing-masing polip memiliki salah satu sel kelamin jantan atau betina. Gonad terdapat pada masing-masing mesenteri dari autozoid. Proses reproduksinya meliputi pelepasan telur atau sperma oleh masing-masing polip ke dalam air laut.

Fertilisasi external, larva yang terbentuk memiliki silia atau bulu getar, kemudian berenang bebas mencari tempat perlekatan yaitu substrat dasar yang keras untuk selanjutnya tumbuh menjadi polip atau koloni baru (Manuputty, 1996a). Octocorallia yang memijah dengan menghasilkan telur, dan dibuahi secara eksternal adalah genera *Lobophytum*, *Sarcophyton*, dan *Sinularia*, dan kebanyakan jenis dari genus *Alcyonium* (Babcock *et al.*, 1986 dalam Sorokin, 1992).

Koloni dari gorgonian Karibia *Pseudopterogorgia elisabethae* melepaskan telur yang dipertahankan pada permukaan koloni di mana mereka dibuahi dan kemudian berkembang. Pada bulan Desember 2001, pemijahan di San Salvador Island, Bahamas, terjadi lebih dari 6 hari, dengan pemijahan oleh koloni yang terbatas pada 1-3 hari. Dengan pengecualian dari hari-hari pertama dan terakhir dari periode pemijahan, keberhasilan pembuahan tinggi, seringkali lebih besar dari 90%. Telur dikumpulkan pada Desember 2001 memiliki keberhasilan pembuahan secara keseluruhan lebih dari 66%. Pada satu lokasi, peningkatan fertilisasi setelah hari pertama pemijahan berkorelasi dengan pemijahan jantan, namun indeks gonad jantan adalah prediktor buruk untuk melihat keberhasilan pembuahan. Jumlah koloni yang berdekatan antara jantan dan betina tidak berkorelasi terhadap keberhasilan pembuahan. Mengerami (*brooding*) pada permukaan adalah mekanisme yang baik untuk sperma

Reproduksi dan Perkembangan

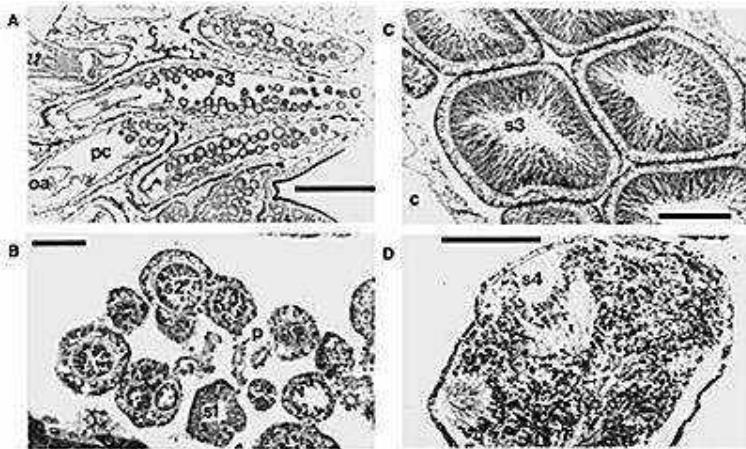
dalam hal membuahi telur-telur yang dikeluarkan oleh koloni betina. Dengan mempertahankan telurnya di satu lokasi, spesies yang mengerami telurnya di permukaan tubuhnya dapat memperpanjang masa di mana telur mungkin ditemui oleh sperma, dan mengurangi terjadinya polispermi (Lasker, 2006).

c. Spermatogenesis dan Oogenesis

Spermatogenesis dan oogenesis pada jenis *Lobophytum crassum* berlangsung selama dua tahun dan pemijahan terjadi sekali setahun. Jumlah oosit pada setiap polip antara 70-100 dengan diameter 0.5 mm (Sorokin, 1992). Pada genera *Lobophytum*, *Sarcophyton* dan *Sinularia* ditemukan perkembangan telur yang secara umum membutuhkan waktu dua tahun, sedangkan sperma hanya membutuhkan waktu satu tahun saja. Fertilisasi terjadi dalam beberapa jam, dalam 48 jam planula terbentuk dan satu sampai dua minggu kemudian planula menetap pada substrat. Pada genus *Sarcophyton* dan *Lobophytum* polip dewasa yang siap bereproduksi berada dekat bagian tengah koloni (Yamazato *et al*, 1981 dalam Sandy, 2000).

Hwang dan Song (2007) dalam Nisa (2011) membedakan perkembangan spermatogenesis menjadi 4 tahap. Tahap I biasanya ditandai dengan berkumpulnya spermatogonia di mesoglea pada mesenteri. Pada tahap II (spermatosit) sudah memiliki batas dan bentuk yang jelas

dan melekat pada mesenteri dengan bantuan pedikel. Tahap III, ukuran kista sperma menjadi semakin besar. Spermatisit berkembang menjadi spermatid yang jumlahnya sangat banyak dan Oogenesis pada umumnya terjadi pada polip autozoid yang memiliki alat kelamin atau gonad. Simpson (2006) menjelaskan bahwa secara umum, baik pada polip betina atau jantan, gamet (ovum dan sperma) berkembang di sepanjang non asulkal mesenteri dan seringkali ditemukan pada bagian dasar polip karang lunak.



Gambar 140.

Reproduksi dan Perkembangan

Perkembangan spermatid pada *Sarcophyton glaucum*. (A) Gambaran umum dari polyp jantan menunjukkan perkembangan sperma, (B) Sperma dengan spermatogonia dan spermatisit, (C) Spermatisit dengan spermatid, (D) Sperma matang dengan ekor. Huruf c menunjukkan Coenenchyme; oa bagian oral dari polip; pc rongga polip; s1, Stage I Spermatisit dengan spermatogonia; s2, Stage II.spermatisit yang menempel pada pedikel; s3, Stage III; s4, Stage IV sperma yang telah matang (Fautin et al., 2004 dalam Nisa, 2011).

Proses oogenesis ditandai dengan adanya proses vitellogenik yang melibatkan pembentukan lemak heterosintetik. Gelembung bermembran pada ooplasma bersatu membentuk butiran lemak yang akan mengisi ooplasma. Menurut Hwang dan Song (2007) *dalam* Nisa (2011), perkembangan oosit (oogenesis) dapat dibedakan menjadi 5 tahap. Oosit tahap I ditandai dengan nukleus yang berukuran besar. Oosit primordial ini melekat pada mesoglea pada mesenteri. Oosit tahap II terlihat pada rongga gastrovaskular dengan posisi masih melekat pada mesenteri dengan bantuan pedikel. Proses vitellogenik dimulai pada oosit tahap III dengan ukuran oosit yang makin membesar. Pembesaran ini disebabkan oleh pembentukan butiran lemak di dalam oosit. Pada tahap ini, oosit biasanya sudah mulai terlepas dari mesenteri menuju rongga gastrovaskular. Oosit tahap IV ditandai dengan semakin membesarnya ukuran oosit karena

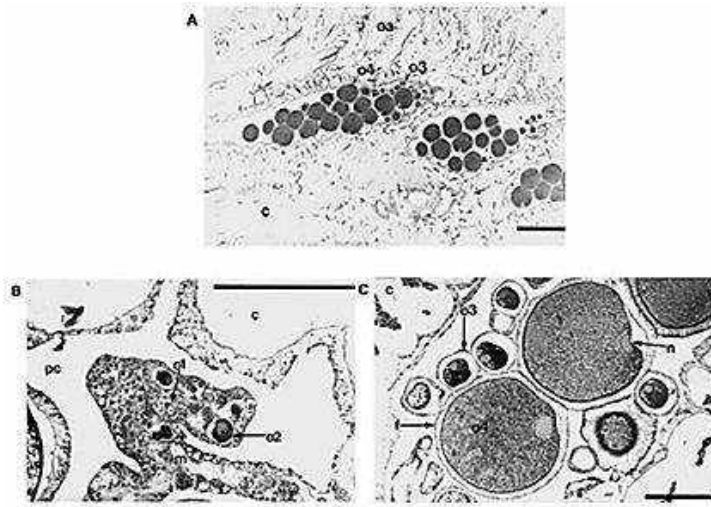
butiran lemak sudah menyebar ke seluruh bagian oosit sehingga warnanya mulai menjadi terang. Pada oosit tahap V, oosit atau telur telah matang dan mencapai ukuran maksimum dengan warna yang telah menjadi terang. Telur yang matang ditandai dengan banyak butiran-butiran lemak di dalamnya (Gambar 141). “karakteristik perkembangan sperma pada karang lunak *Sinularia flexibilis* menurut Haris dan Rani (2011) dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Karakteristik Perkembangan Sperma (Testis) pada Karang Lunak *Sinularia flexibilis* Berdasarkan Hasil Pengamatan Histologi (Haris dan Rani, 2011).

Tingkat Kematangan Sperma	Karakteristik Sperma <i>Sinularia fleksibilis</i>	Diameter Sperma (μm)	
		Kisaran	Rata-rata \pm (SE)
SI	Bentuk seperti dumbel, kecil dan berkelompok berisi sel-sel interstisial yang berada dalam mesoglea, warna merah buram dan kebiru-biruan	25 – 100	66,531 \pm 1,626
SII	Bentuknya mulai memanjang dan lonjong, menunjukkan batas-batas spermaries yang jelas, meluas di dalam mesoglea, warna ungu kebiru-biruan	62,5 - 200	118,218 \pm 2,616
SIII	Memanjang, terdapat lumen serta ekor yang jelas, inti spermatosit	150 -	197,290

Reproduksi dan Perkembangan

Tingkat Kematangan Sperma	Karakteristik Sperma <i>Sinularia feksibilis</i>	Diameter Sperma (μm)	
		Kisaran	Rata-rata \pm (SE)
	semakin memadat dengan warna tua (biru tua/merah padat)	350	$\pm 5,061$
SIV	Memanjang (bulat lonjong), terdapat lumen yang padat dan volume sitoplasma yang semakin berkurang dan memiliki ekor yang jelas, warna biru pekat/merah pekat	225 - 500	327,437 $\pm 8,583$



Gambar 141. Perkembangan ovum pada *Sarcophyton glaucum*. A, gambaran umum polip betina yang menunjukkan tatanan dan perbedaan ukuran oosit pada stage III dan IV. B Stage I dan II oosit yang tertanam di mesentery. C, stage III dan IV oosit dalam rongga polip. Huruf *c* menunjukkan koenenchim, sedangkan huruf *m* adalah mesentery filamen; huruf *n* menunjukkan nucleus; *o1*, adalah stage awal dari dari oosit; *o2*, stage II oosit; *o3*, stage III oosit, *o4* fase matang oosit IV; *oa* bagian oral dari polip; *pc* rongga polip; *f* lapisan folikel sel (Fautin *et al.*, 2004 dalam Nisa, 2011).

Reproduksi dan Perkembangan

Gametogenesis jenis octocorallia lainnya, yaitu *Anthoplexaura dimorpha*, gonad kedua jenis kelaminnya berkembang di dalam mesenterio gastrodermal di dalam kaliks autozoid, dan bergerak ke dalam ruang gastrovaskular. Gonad yang tidak matang menggantung pada mesenterio oleh pedicles, dan secara gradual terlepas dari mesenterio karena sudah matang. Perkembangan Oogenik dan spermatogenik dibagi ke dalam empat tahap, tergantung pada kematangannya (Schleyer *et al.* (2004).

Oogenesis, oosit tertutup dengan lapisan follicular dan memiliki nucleus yang menonjol dengan sebuah nukleolus, dan warna oosit berubah dari krem ke merah sebagai telur yang matang. Oosit paling awal, tahap 1 memiliki nucleus yang besar yang menempel di dalam mesenterio gastrodermal dan berkumpul bersama (Gambar 142A). Oosit ini warnanya transparan dikarenakan tidak memiliki sitoplasma. Diameter oosit primordial ini adalah dibawah 50 μm , dengan rata-rata $43 \pm 8 \mu\text{m}$ (rata-rata \pm SD, n=131). Ketika oosit berkembang menjadi tahap 2, warnanya berubah dikarenakan akumulasi sitoplasma yang buram di sekitar inti, dan mereka secara terpisah terhubung ke polip oleh pedikel (Gambar 142B). Tahap 2 ini diameter oosit berkisar 51 to 175 μm dan memiliki diameter rata-rata $114 \pm 34 \mu\text{m}$ (n=1424). Dengan oosit tahap 3, yang terlepas dari mesenterio diameternya berkisar 176 to 275 μm (n =559) memiliki rata-rata $211 \pm 28 \mu\text{m}$ (n=559), akumulasi kuning

sudah dimulai dan didistribusikan pada ooplasm, sehingga oosit warnanya menjadi oranye. Inti bergerak ke arah satu sisi oosit, dan nucleolus selalu diposisikan di pinggiran inti. Tahap 4 oosit yang mencapai ukuran penuh, berubah menjadi berwarna merah dan memiliki pinggiran yang tajam dan butiran yang mengandung banyak kuning telur (Gambar 142C). Diameter oositnya di atas $276\ \mu\text{m}$, dan maksimum $540\ \mu\text{m}$ dan rata-rata $359\pm 62\ \mu\text{m}$ ($n=252$) (Schleyer *et al.* (2004).

Spermatogenesis *Anthoplexaura dimorpha*, spermaries tahap 1 mengandung sedikit kumpulan spermatogonia yang melekat pada mesenteri. Diameter spermaries primordial transparan ini diameternya kurang $75\ \mu\text{m}$, dengan diameter rata-rata $56\pm 10\ \mu\text{m}$ ($n=46$) (Gambar 143A). Pada stadium 2, spermaries buram memiliki spermatosit yang berpindah ke rongga gastrovascular, dan melekat pada polip dengan pedikel. Pada tahap ini, spermaries memiliki batas yang berbeda dan diameternya rata-rata $136\pm 99\ \mu\text{m}$ ($n=325$) berkisar dari 76 sampai $175\ \mu\text{m}$ (Gambar 143A). Pada tahap 3, spermatosit tersusun di pinggiran spermaries, dan gradasi pematangan memusat pada spermatosit kurang matang dan lebih besar terletak di pinggiran spermaries, sedangkan yang lebih matang dan lebih kecil (spermatid) terletak di tengah (Gambar 143A dan 124B). Kisaran diameter spermaries adalah berkisar 176 to $275\ \mu\text{m}$, dengan rata-rata $214\pm 27\ \mu\text{m}$ ($n=294$). Spermaries Tahap 4 sepenuhnya matang dan telah

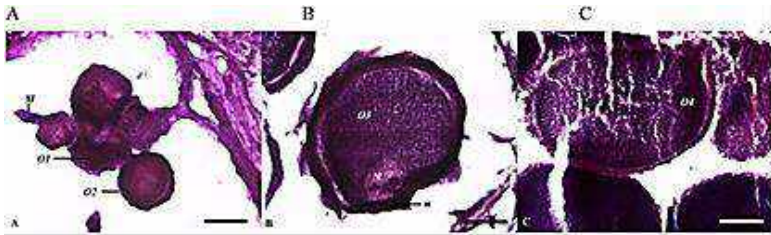
Reproduksi dan Perkembangan

terbentuk spermatozoa yang berekor (Gambar 143C). Tahap ini, spermaries berwarna krim buram gelap dan diameternya minimumnya 276 μM dan maksimum 425 μm dan diameter rata-rata spermaries 315 \pm 36 μm (n = 75). Siklus reproduksi dan pemijahan tahunan *A. dimorpha* memiliki satu siklus reproduksi per tahun. Siklus *A. dimorpha* memperlihatkan perbedaan hubungan dengan suhu air laut. Pada betian, oosit tahap 1, tahap 2, and tahap 3 selalu ditemukan disepanjang masa atau periode penelitian, oosit tahap 4 terdeteksi hanya pada bulan Agustus sampai Desember 2004, dari Juni ke Oktober 2004, dan dari April ke Agustus 2005. Melalui penelitian ini, frekuensi oosit belum matang (tahap 1 dan 2) mulai meningkat selama periode dari bulan Oktober 2003 ketika suhu air laut mulai menurun dan ditandai frekuensi tinggi berkisar 68-82% hingga Juni 2004. Frekuensi oosit belum matang menurun dari bulan Juli 2004 mengalami penurunan dengan 43%, dan meningkat dari Oktober 2004 sampai April 2005 menunjukkan kenaikan yang berbeda atas 74%. Dan kembali, frekuensi tajam turun dari Juni 2005. Tahap 3 oosit memiliki peningkatan yang berbeda dan penurunan frekuensi sepanjang tahun. Frekuensi penurunannya terjadi antara September 2003 dan April 2004, dan meningkat antara bulan Mei 2004 dan September 2004. Dan frekuensi ini vitellogenik oosit turun pada Oktober 2004, dan meningkat pada Mei 2005 oosit matang, stadium 4,

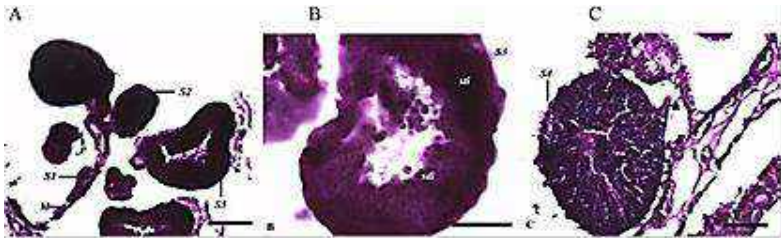
ditemukan tinggi pada musim panas (Juli) sampai awal musim gugur (September), musim ketika suhu air laut mencapai puncaknya. Spermatogenesis terjadi selama jangka waktu maksimum 6 bulan, ketika suhu air laut meningkat sampai di atas 18°C, yang pendek jika dibandingkan dengan oogenesis. Spermaries Tahap 1 diproduksi tinggi pada 2 bulan pertama (dari bulan Juni sampai Juli 2004) menunjukkan frekuensi agak tinggi, dan frekuensi mereka turun tajam pada Agustus 2004. Frekuensi spermaries tahap 2 terus-menerus tinggi yaitu antara 20 sampai 70%, dan spermaries ini diamati selama periode penelitian.

Frekuensi spermaries tahap 3 dan tahap 4 meningkat pada bulan Juli 2004, dan mencapai puncaknya pada bulan Agustus 2004, ketika suhu air laut tercatat tertinggi pada saat ini. Dan frekuensi spermaries matang (tahap 4) sangat menurun pada bulan September 2004, dan spermaries ini tidak diamati pada Oktober 2004. Mengerami embrio atau larva pada internal atau eksternal polip tidak ditemukan pada preparat histologis dan koloni induk dibedah, yang menunjukkan pemijahan mode reproduksi *A. dimorpha* adalah memijah (*broadcast spawning*) meskipun peristiwa pemijahan yang sebenarnya tidak diamati.

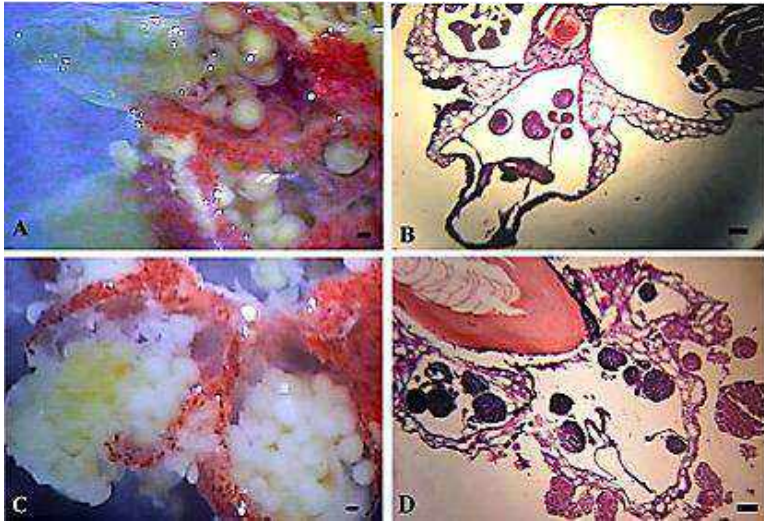
Reproduksi dan Perkembangan



Gambar 142. Oogenesis *A. dimorpha*. (A) Oosit tahap 1 (O1), tahap 2 (O2). (B) tahap 3 (O3). (C) tahap 4 (O4). M, mesenteri; N, nukleus; n, nukleolus. skala bars=100 μ m.



Gambar 143. Spermatogenesis *A. dimorpha*. (A) Kantong sperma tahap 1 (S1), tahap 2 (S2), tahap 3 (S3). (B) tahap 3 (S3). (C) tahap 4 (S4). M, mesenteri; sdi, spermatid; sti, spermatosit. Skala bars= 100 μ m



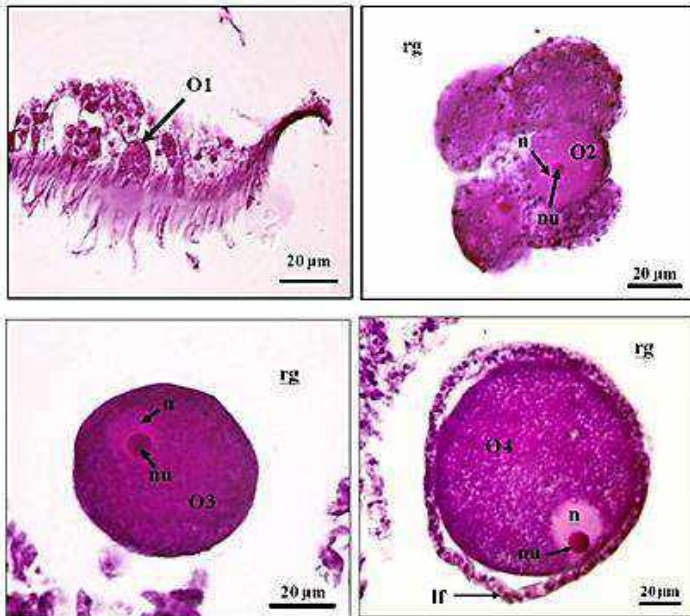
Gambar 144. Gonad *A. dimorpha*. (A) Oosit polip betina. (B) penggambaran umum polip jantan memperlihatkan susunan oosit (C) Spermaries pada polip jantan. (D) penggambaran umum polip jantan yang memperlihatkan susunan spermaries. Skala bars=100 μ m (Seo *et al.*, 2008)

Selain karakteristik mikroskopik perkembangan oosit dan spermaries *A. dimorpha* yang telah digambarkan lebih awal, karakteristik makroskopik oosit dan spermariesnya digambarkan juga pada Gambar 144. Pada Gambar 144 juga digambarkan susunan oosit dan spermaries pada polipnya.

Reproduksi dan Perkembangan

Penggambaran lain karakteristik perkembangan oosit juga telah dilakukan di Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. Karakteristik perkembangan oosit *Sinularia dura* tempat tersebut telah diteliti oleh Setyawan (2008). Menurut Setyawan (2008) oosit tahap I karakternya adalah oosit biasanya melekat pada mesoglea di mesenteri bersama oosit tahap I lainnya. Batas antara nucleus, nucleolus, dan sitoplasma belum jelas. Oosit tahap I memiliki diameter $24.54 \pm 5.32 \mu\text{m}$ ($n=36$). Oosit tahap II karakternya Nucleus dan nucleolus terlihat jelas mulai membesar serta batas antara nucleus dan sitoplasma juga dapat dibedakan. Oosit tahap II memiliki diameter $39.68 \pm 8.99 \mu\text{m}$ dan berwarna merah gelap (pewarnaan Hematoxilin-Eosin). Oosit tahap III karakternya adalah semakin membesarnya diameter oosit yang mencapai $57.39 \pm 12.71 \mu\text{m}$ ($n=162$). Pembesaran ukuran oosit ini disebabkan oleh pembentukan butiran-butiran sitoplasma di sekeliling nucleus. Oosit tahap ini dapat ditemukan pada rongga gastrovaskular karena sudah terlepas dari pedikel. Warna oosit pada tahap ini juga berwarna gelap seperti oosit tahap II. Oosit tahap IV karakternya adalah ukuran oosit semakin membesar karena butiran-butiran sitoplasma mulai berkembang, menyebar keseluruh bagian oosit sehingga warna mulai agak terang, dan terbungkus oleh lapisan folikel (Gambar 145). Rata-rata diameter oosit mencapai $79.70 \pm 18.32 \mu\text{m}$ ($n=76$) adalah oosit ditemukan

pada rongga gastrovaskular atau melekat pada mesenterii yang terhubung melalui pedikel.



Gambar 145. Oosit tahap I (O1), tahap II (O2), tahap III (O3), dan tahap IV pada *Sinularia dura*. rg=rongga gastrovaskular, n=nucleus, nu=nukleolus, lf=lapisan folikel

d. Fekunditas

Fekunditas digunakan untuk suatu estimasi terhadap usaha-usaha reproduksi. Fekunditas biasanya dinyatakan

Reproduksi dan Perkembangan

dalam jumlah telur atau planula yang dihasilkan oleh setiap polip yang dapat memberikan suatu indeks yang berguna untuk menilai usaha reproduksi pada kebanyakan spesies karang, yaitu dengan mengetahui secara tepat jumlah dan volume telur atau planula serta jumlah siklus reproduksi setiap tahun (Harrison & Wallace 1990, Glynn *et al.* 1994).

Fekunditas dapat bervariasi dalam satu siklus hidup suatu jenis karang, yaitu dalam fase pre-reproduksi, remaja, dewasa dan kadangkala pada fase tua. (Babcock 1988). Demikian pula dalam koloni, antarkoloni, antar tahun dan antarukuran polip, juga memperlihatkan variasi fekunditas. Kondisi ini berhubungan dengan umur dan pertumbuhan (Wallace 1985).

Faktor lain yang berpengaruh terhadap fekunditas karang ialah pengurangan ukuran koloni (fragmentasi) dan terdapatnya luka pada karang. Zakai *et al.* (2000) mendapatkan bahwa pada koloni tanpa fragmentasi (koloni tanpa kerusakan) terlihat melepaskan 10.000-38.000 planulae/bulan, sedangkan koloni yang terfragmentasi sebagian melepaskan 1-10.000 planulae/bulan. Bahkan beberapa koloni yang terfragmentasi tidak menghasilkan larva. Adapun karang yang secara keseluruhan dipatahkan ke dalam fragmen-fragmen kecil (kelompok kerusakan 100%) menghasilkan sangat sedikit planula per koloni (berkisar 2-42 planulae)

Penundaan awal reproduksi juga terjadi pada spesies karang yang bertujuan untuk meningkatkan kesuksesan reproduksi melalui peningkatan ketersediaan sumber daya, yaitu dengan ukuran yang lebih besar (Szmant-Froelich, 1985). Penundaan waktu reproduksi juga diinterpretasikan sebagai suatu alokasi awal pertumbuhan untuk terbebas dari tingginya kematian yang berhubungan dengan kelas ukuran yang lebih kecil. Ukuran minimum pada saat reproduksi telah dilaporkan dari 35 spesies karang, dan kebanyakan kasus dengan menggunakan data pertumbuhan untuk memperkirakan umur saat pertama reproduksi. Spesies yang *mengerami (brooding)* cenderung lebih dahulu bereproduksi (berumur 1-2 tahun) daripada spesies yang *spawning* (berumur 4 tahun atau lebih). Perbedaan-perbedaan tersebut disebabkan karena juvenil *non-mengerami (brooding)* dipertimbangkan tumbuh lebih lambat dari pada spesies yang *dierami (brooded)* dalam awal hidup mereka, dan juga karena kemungkinan perkiraan umur yang tidak tepat (Harrison & Wallace 1990).

Keberhasilan reproduksi, produksi dan fertilisasi gamet, adalah komponen kunci diantara banyak invertebrata laut bersifat koloni, produksi gamet oleh koloni adalah fungsi dari produksi gamet per polip/zooid dan jumlah polip/zooid pada koloni itu (yaitu, ukuran koloni). Pada *Plexaura flexuosa*, jumlah polip per koloni dan jumlah rata-rata telur matang per polip keduanya

Reproduksi dan Perkembangan

lebih besar di antara koloni betina yang lebih besar (> 70 cm) dari golongan koloni yang lebih kecil (< 70 cm), sehingga dalam urutan 1 sampai 2 besarnya peningkatan keseluruhan koloni mengeluarkan telur untuk koloni yang lebih besar. Hal ini menunjukkan tidak ada hubungan produksi gamet dengan ukuran koloni, tetapi pertumbuhan koloni tampaknya menurun dengan meningkatnya ukuran koloni. Hal ini menunjukkan bahwa energi kurang proporsional digunakan untuk pertumbuhan sehingga koloni akan tumbuh lebih besar, dan dengan demikian mungkin tidak tersedia energy untuk reproduksi (Beiring and Lasker, 2000).

Pada *Tripalea clavaria* koloni betina secara signifikan lebih banyak daripada jantan, dan organ reproduksinya hadir seluruhnya sepanjang tahun. Koloni jantan yang subur hanya ditemukan pada Desember-Juni, karena siklus spermatogeniknya lebih pendek dari oogenesis, seperti karakteristik Octocorallia lainnya. Fertilisasinya mungkin internal, terjadi pada polip koloni betina pada Maret-Mei. Planula *T. clavaria* ditemukan pada April-Juni. Panjang larvanya 554-1980 μm . Tingginya jumlah oosit matang per polip menyiratkan bahwa spesies ini mengalokasikan sebagian besar sumber daya energinya untuk reproduksi seksual. Variabilitas volume oosit per polip, nilai terendah adalah $1,35 \times 10^{-5} \text{ mm}^3$, dan tertinggi adalah $0,17 \text{ mm}^3$. Meskipun gambaran reproduksi *T. clavaria* mirip dengan Octocorallia gorgonian lainnya, *T.*

clavaria memiliki beberapa gambaran yang luar biasa. Meskipun memiliki koloni kecil dan bercabang, spesies ini memiliki ukuran koloni kecil pada reproduksi pertamanya (2,7 cm) dan sangat produktif, menghasilkan tingginya jumlah oosit matang dibandingkan dengan oktokoral lainnya. Sifat reproduksi seperti bisa menjelaskan rekruitment yang sukses pada substrat keras yang terbatas luasnya, yang ditandai dengan arus yang kuat dan turbulensi (Excoffon *et al.*, 2011).

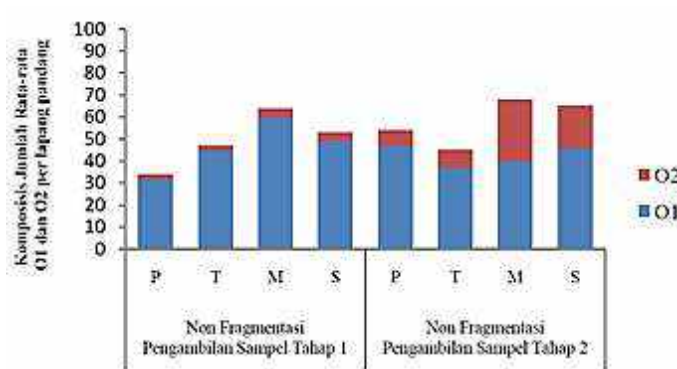
Carijoa riisei adalah gametogenesis asynchronous yang terus menerus, dan tidak menunjukkan periodisitas musiman atau bulanan. *Carijoa riisei* menelurkan telur yang negatif (mengapung) yang menunjukkan bahwa fertilisasinya eksternal dan larvanya mungkin benthik. Dalam kondisi yang menguntungkan, *C. riisei* menunjukkan fekunditas polip tinggi. Asynchronous, pemijahan gamet terus menerus memberikan keuntungan karena gamet berkonsentrasi dalam ruang dan waktu, serta membutuhkan agregasi koloni yang padat, jantan dan betina saling berdekatan, untuk memastikan keberhasilan fertilisasi. Karakter *life history* lainnya, *C. riisei* seperti pertumbuhan cepat, perbanyak vegetatif, dan kemampuan kompetitif yang unggul, memungkinkan untuk membentuk agregasi multi-koloni yang padat sehingga memfasilitasi keberhasilan reproduksi secara seksual, yang pada akhirnya dapat

Reproduksi dan Perkembangan

menghasilkan larva secara terus menerus (Kahng *et al.*, 2008).

e. Transplantasi dan Komposisi Oosit

Pengamatan terhadap preparat histologis karang lunak *Lobophytum strictum* yang dilakukan oleh Tjahjadi (2011) menunjukkan bahwa oosit yang ditemukan dalam cabang koloni memiliki jumlah dan tahap perkembangan yang berbeda-beda. Gambar 146 memperlihatkan komposisi jumlah rata-rata O1 dan O2 pada karang lunak non fragmentasi berdasarkan fase bulan Qomariyah.



Gambar 146. Komposisi jumlah rata-rata O1 dan O2 pada karang lunak sampel non fragmentasi. Keterangan: (O1) Oosit tahap I, (O2) Oosit tahap II, (P) Fase bulan Purnama, (T) Fase bulan tiga per empat, (M) Fase bulan mati, (S) Fase bulan seperempat

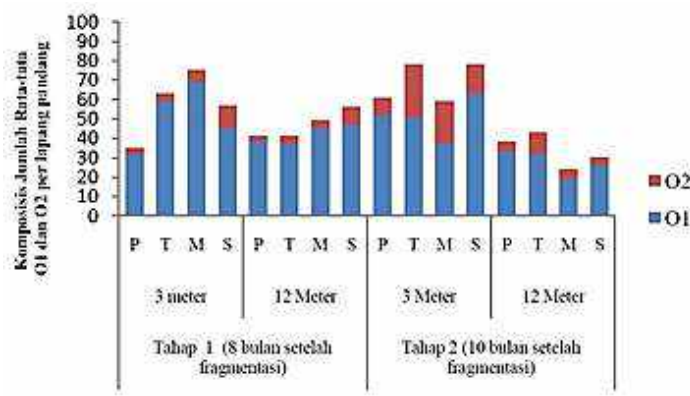
Berdasarkan Gambar 146, menurut Tjahjadi (2011), komposisi rata-rata tahap perkembangan oosit karang lunak terlihat adanya fluktuasi dari jumlah O1 dan O2 baik pada pengambilan sampel tahap 1 dan 2. Jumlah rata-rata oosit terbanyak ditemukan pada fase bulan mati atau gelap, baik pada pengambilan sampel tahap 1 maupun tahap 2. Jumlah O2 terlihat jelas mengalami peningkatan pada pengambilan sampel tahap 2 dibandingkan dari pengambilan sampel tahap 1. Jumlah oosit mengalami peningkatan dari fase bulan purnama sampai fase bulan mati dan menurun pada fase bulan seperempat pengambilan sampel tahap 1, sedangkan pada pengambilan sampel tahap 2 jumlah oosit mengalami penurunan dari fase bulan purnama ke fase bulan tiga per empat, mengalami peningkatan signifikan pada fase bulan mati dan sedikit menurun kembali jumlahnya pada fase bulan seperempat.

Selanjutnya Tjahjadi (2011) menyatakan bahwa komposisi jumlah rata-rata O1 dan O2 pada karang lunak *Lobophytum strictum* hasil fragmentasi buatan mengalami fluktuasi pada komposisi jumlah rata-rata oosit hasil fragmentasi buatan umur 8 dan 10 bulan pada kedua kedalaman lokasi fragmentasi (Gambar 128).

Berdasarkan Gambar 147, menurut Tjahjadi (2011), jumlah rata-rata oosit terlihat lebih banyak pada sampel fragmentasi kedalaman 3 meter dibandingkan dengan 12 meter. Karang lunak fragmentasi buatan pada kedalaman

Reproduksi dan Perkembangan

3 meter mengalami peningkatan jumlah oosit dari umur 8 bulan setelah fragmentasi ke umur 10 bulan setelah fragmentasi, terlihat jelas terutama dari peningkatan jumlah O2. Hal berbeda terjadi pada karang lunak fragmentasi buatan kedalaman 12 meter yang mengalami penurunan jumlah O1 dari umur 8 bulan setelah fragmentasi ke umur 10 bulan setelah fragmentasi, namun mengalami peningkatan jumlah O2.



Gambar 147. Komposisi jumlah rata-rata O1 dan O2 pada karang lunak sampel hasil fragmentasi buatan. Keterangan: (O1) Oosit tahap I, (O2) Oosit tahap II, (P) Fase bulan purnama, (T) Fase bulan tiga per empat, (M) Fase bulan mati, (S) Fase bulan seperempat

f. Planulasi dan Perkembangan

Pada kondisi laboratorium *Gersemia fruticosa* mengeluarkan 79 planula (panjangnya 1.5-2.5 μ m) antara April dan awal Juni 2007. Puncak planulasi pada *G. fruticosa* bertepatan dengan puncak konsentrasi klorofil dan tingkat deposisi materi planktonik. Metamorfosis dan pelekatan terjadi 3-7 hari setelah dikeluarkan. Delapan polip primer biasanya muncul dalam waktu 24 jam, dan polip primer tumbuh hingga ketinggian 6-10 μ m dan diameter batang 1 μ m dalam waktu 2-3 bulan. Planula *Duva florida* (panjangnya 1.5-2.5 μ m) yang diambil dari pembedahan beberapa koloni dan berhasil dibesarkan dalam budidaya. Polip primer mencapai ketinggian 3-4 μ m dalam 2-3 bulan. Tidak ada tunas yang muncul dari polip primer yang diamati selama lebih dari 11-13 bulan pengamatan. Hal ini menunjukkan tingkat pertumbuhan yang sangat lambat (Sun *et.al.*, 2011).

Pada *Calicogorgia granulosa* gamet ditemukan sepanjang tahun. Gametogenesis terjadi tiga kali dalam setahun dan pemijahan gamet terjadi pada bulan baru pada bulan Maret, Agustus dan November. Telur yang dikeluarkan diameternya berkisar 650-750 μ m, berbentuk bulat dan berwarna biru tua. Telur yang telah diibui berkembang menjadi planula yang matang selama 4-6 hari setelah pemijahan. Planula yang matang menetap pada substrat 25 hari setelah pemijahan. Banyak planula lebih suka menetap di bagian bawah substrat. Planula

Reproduksi dan Perkembangan

berkembang menjadi polip primer dengan 8 tentakel dan memiliki bagian mulut dalam waktu 5 hari setelah pelekatan. Tingkat kelangsungan hidup planula tercatat sekitar 30% di laboratorium (Young Cho, dan Im Song, 2005).

Sarcophyton glaucum adalah spesies gonokhorik dengan gonad yang berkembang pada autozooids. Pada jantan, ukuran koloni terkecil yang telah mencapai kedewasaan, ukuran testisnya 11 cm^3 (berumur 6-7 tahun), sedangkan pada betina, ukuran koloninya jauh lebih besar, yaitu 61 cm^3 (umurnya > sepuluh tahun). Perkembangan tahunan kantung sperma membutuhkan waktu 10-12 bulan. Oogenesis terjadi setiap tahun, namun pematangan sel telur membutuhkan 22-23 bulan, sehingga terdapat dua kelompok oosit pada betina. Telur matang ukurannya besar dengan diameter 500-750 μm . *S. glaucum* memiliki periode pemijahan tahunan yang singkat. Ukuran telur yang besar bukanlah penyebab utama dari oogenesis yang berlangsung lama. Namun demikian, pematangan telur yang banyak secara bersamaan dihasilkan oleh koloni selama periode pemijahan yang singkat, dan membutuhkan energi tinggi yang dialokasikan selama dua tahun. Fertilisasinya eksternal dan planula sepenuhnya berkembang selama 36 jam setelah pemijahan. Larva berenang aktif selama 14 hari, sehingga mendorong penyebaran yang luas pada spesies ini. *Life history S. glaucum* termasuk Octocorallia

yang berukuran besar, siklus oogenik yang panjang, pertumbuhan koloni yang lambat, dan rentang umur yang panjang (Benayahu dan Loya, 1986), sedangkan *Eunicella singularis* adalah spesies iteroparous yang bereproduksi setiap tahun dan menunjukkan pola gametogenesis musiman yang ditandai dengan kematangan gamet tahunan yang tunggal. Oogenesis berlangsung 13-17 bulan, dimulai antara bulan Februari dan Juni, dan berakhir dengan pelepasan 0,7 larva planula per polip antara akhir Mei dan Juli tahun berikutnya. Diameter oosit matang berkisar 450-860 μm . Spermatogenesis jauh lebih pendek daripada oogenesis dan terjadi selama 5-6 bulan. Produksi gonad kedua jenis kelamin meningkat pada musim semi dan puncak pemijahan koloni jantan terjadi pada akhir Mei-Juni. Fertilisasi oosit dan perkembangan larva planula terjadi di dalam polip koloni betina. Planula keluar diamati pada bulan Juni dan Juli. Pola reproduksi yang muncul pada penelitian ini menunjukkan bahwa pembentukan gonad tampaknya terkait dengan ketersediaan sumber daya (Ribes *et al.*, 2007).

Planula *Xenia umbellata* dan *Dendronephthya hemprichi* memiliki masa planula 76 dan 74 hari, *Parerythropodium fulvum fulvum* masa planula maksimal 64 hari, dan *Litophyton arboreum* dan *Nephtea* sp. 57 hari. Masa larva terlama 155 hari didapatkan pada planula *Xenia umbellate* (Zaslow dan Benayahu, 1998). Planula

Reproduksi dan Perkembangan

setelah hidup bersifat planktonik, akan turn ke bawah, ke substrat yang keras untuk menempel. Planula akan menempel pada substrat yang keras dan tidak tertutupi oleh sedimen (Gambar 148). Oleh karena itu, umumnya mereka melekat pada sisi vertikal pada suatu substrata tau permukaan bagian atas yang tidak tersedimentasi. Hasil penelitian Benayahu dan Loya (1987) yang menggunakan substrat buatan menjelaskan bahwa 10% dari substrat buatan ditempeli oleh *Xenia rnacrospiculata*, menyerupai cakupan persentase spesies karang lainnya di sekitarnya. Hal ini menunjukkan bahwa populasi *X. rnacrospiculata* mencapai potensi maksimalnya untuk melekat pada substrat baru yang tersedia. Komposisi spesies yang rekrut dan kelimpahannya berhubungan dengan komunitas karang lunak yang ada pada terumbu karang alami.

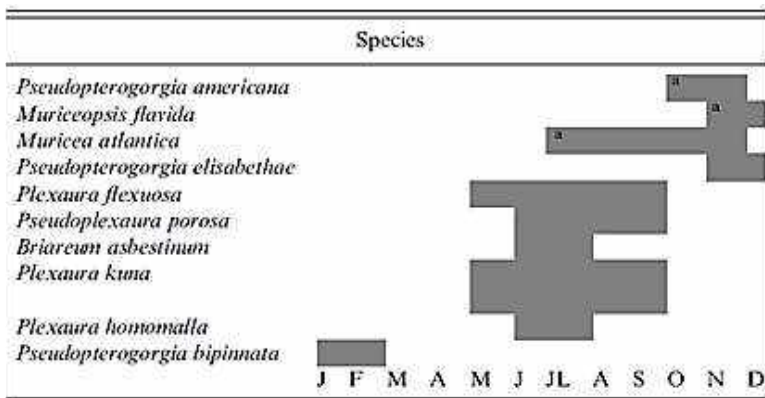


Gambar 148. Larva planula melekat pada substrat keras yang tidak tertutup sedimen

g. Periodisasi Pemijahan

Periodisasi pemijahan pada Octocorallia berbeda-beda antara satu spesies dengan spesies lainnya. Begitu pula antara spesies tropis dan subtropis. Perbedaan waktu pemijahan umumnya terkait dengan faktor lingkungan, terutama suhu perairan dan fotoperiode. Sebagai contoh, menurut Ribes *et al.* (2007) yang mengutip beberapa tulisan, masa pemijahan beberapa spesies Gorgonacea di daerah tropis berbeda-beda antara satu dengan yang lainnya (Tabel 11).

Tabel 11. Periodisasi pemijahan beberapa spesies Gorgonacea Tropis (Ribes *et al.*, 2007)



h. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Reproduksi

Pola reproduksi karang lunak yang di dalamnya termasuk gametogenesis dan strategi atau cara dalam melakukan reproduksi dipengaruhi oleh beberapa faktor.

Reproduksi dan Perkembangan

Faktor-faktor yang berpengaruh bisa berupa faktor eksternal dan faktor internal. Uraian faktor-faktor yang mempengaruhi reproduksi *Octocorallia* menurut Nisa (2011) adalah sebagai berikut:

1) Faktor Internal

- **Ukuran dan Umur Koloni:** karang lunak memiliki ukuran dan umur yang bervariasi dalam proses kematangannya untuk melakukan reproduksi. Di dalam satu spesies, ukuran koloni merupakan salah satu indikator penting dalam menentukan kematangan reproduksi. *Lobophytum crassum* dengan diameter kurang dari 18 cm belum bisa menghasilkan gamet untuk bereproduksi sementara *Heteroxenia fuscescens* tidak akan mencapai kematangan reproduksi hingga ukuran koloninya mencapai volume 10 cm^3 . Hal ini merupakan strategi dalam melakukan reproduksi dimana energi/sumber daya dalam koloni dialokasikan terlebih dahulu untuk pertumbuhan koloni hingga mencapai ukuran minimum untuk melakukan reproduksi

2) Faktor Eksternal

- **Ketersediaan Makanan:** ketersediaan sumber makanan yang terdapat di perairan mempengaruhi waktu terjadinya gametogenesis dan proses spawning pada beberapa karang lunak. Perkembangan gamet pada *Alcyonium digitatum*

terjadi pada awal musim semi dan panas dimana sumber makanan planktonik sangat melimpah di perairan. Proses spawning pada spesies ini terjadi pada pertengahan musim dingin dimana pada saat awal musim semi, larva dari hasil proses pembuahan di kolom perairan akan memiliki banyak persediaan makanan untuk berkembang. Proses pembentukan larva planula pada *Acabaria biserialis* di Laut Merah terjadi setelah terjadinya *blooming* musiman pada fitoplankton.

- **Fase Bulan:** karang lunak yang tumbuh di perairan dangkal, tingkah laku pengeluaran telur ke perairan (*spawning*) memiliki hubungan dengan fase bulan. Gamet dilepas ke perairan pada saat atau menjelang bulan purnama dan pada sekitar atau menjelang fase bulan baru/mati. Bahkan proses *spawning* juga terjadi pada fase bulan tiga perempat. Namun, hasil yang berkebalikan ditemukan pada karang lunak *Heteroxenia fuscescens*.
- **Suhu Perairan:** suhu merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam reproduksi gamet pada karang lunak. Jumlah oosit pada setiap polip meningkat setiap bulan hingga suhu perairan mencapai nilai tertinggi dan menurun seiring dengan turunnya suhu perairan. Begitu juga dengan jumlah gamet jantan yang meningkat pada bulan

Reproduksi dan Perkembangan

Agustus dan Desember dimana suhu perairan meningkat. Pada bulan oktober, jumlah gamet jantan mulai menurun karena suhu perairan menurun secara cepat.

- **Intensitas Cahaya:** intensitas cahaya berpengaruh terhadap reproduksi karang lunak dihubungkan dengan tingkat kejernihan perairan dan sedimentasi. Kedua faktor tersebut bisa menurunkan tingkat kesuburan polip. Hal ini disebabkan energi yang digunakan untuk melakukan reproduksi menjadi berkurang karena menurunnya intensitas cahaya untuk proses fotosintesis oleh alga zooxanthellae di dalamnya dan pengalokasian energi/sumber daya untuk membersihkan diri dari sedimen.
- **Habitat:** Jenis-jenis karang lunak hidup di daerah pasang surut sampai kedalaman 200 m. Umumnya syarat-syarat hidupnya sama dengan karang batu. Hewan ini menyukai perairan yang hangat atau sedang terutama di Indo-Pasifik. Ada beberapa jenis yang dapat hidup sampai ke kedalaman 3.000 m. Secara umum, karang lunak di daerah tropis melakukan reproduksi dengan cara melepaskan gametnya ke kolom perairan secara serempak dengan organisme lain di ekosistem terumbu karang sedangkan pada karang lunak di daerah subtropis menunjukkan proses gametogenesis yang

lama dan melakukan reproduksi secara *mengerami (brooding)*. Pengaruh habitat pada reproduksi karang lunak juga terlihat pada tipe seksualitas yang terjadi pada spesies *Heteroxenia elizabethae*. Di Great Barrier Reef, spesies ini menunjukkan tipe seksualitas gonokhorik sedangkan di Laut Merah, spesies ini menunjukkan tipe seksualitas hermaphrodit

Reproduksi karang dipengaruhi oleh adanya perbedaan faktor geografi (lintang) dan lingkungan seperti suhu, salinitas, pasang surut (pergerakan air) dan pencahayaan (McGuire 1998 *dalam* Rani, 2004).

Karang-karang di daerah dengan fluktuasi suhu yang rendah kemungkinan bereproduksi sepanjang tahun, sedangkan di daerah yang mengalami kisaran suhu yang lebih besar tidak bereproduksi sampai mereka mengalami suatu periode pada peningkatan suhu. Oleh karena itu karang-karang mungkin dapat bereproduksi sepanjang tahun di pusat Karibia tetapi hanya bulan pada musim semi dan panas pada daerah terumbu yang lebih ke utara. Perbedaan lintang dalam kisaran suhu juga dapat dinilai untuk perbedaan pada pola-pola *spawning* massal dari karang yang diamati di Australia (Oliver *et al.* 1988 Rani, 2004).

Faktor lingkungan utama yang diduga mengatur waktu reproduksi ialah suhu dan pasang surut. Perubahan suhu perairan oleh perubahan musim dapat menentukan

Reproduksi dan Perkembangan

waktu siklus reproduksi tahunan (gametogenesis) pada karang (menentukan awal dan akhir periode reproduksi musiman) dan juga menjadi isyarat untuk pemijahan, demikian pula siklus pasang surut dan fase bulan dapat mempengaruhi waktu pelepasan hasil reproduksi (Szmant 1991 Rani, 2004).

Karang *broadcast spawning* secara khusus melepaskan gametnya beberapa hari sesudah bulan purnama di akhir musim panas ketika suhu perairan maksimal. Di bagian barat terumbu Australia, karang-karang memijah pada akhir musim panas, sedangkan di *Great Barrier reef*, pemijahan massal terjadi pada akhir musim semi dan awal musim panas (Oliver *et al.* 1988 Rani, 2004).

Glynn *et al.* (1991) dalam Rani (2004), menemukan adanya kecenderungan gamet matang yang terjadi sekitar fase bulan baru dan purnama dibandingkan waktu yang lainnya. Selanjutnya dikatakan bahwa gamet Tahap IV hadir pada karang selama periode 5-7 hari pada fase bulan purnama di Pulau Caño dan Uva. Ketiadaan gamet Tahap IV terjadi dalam 3 hari setelah bulan purnama di Pulau Uva pada bulan Maret. Pola-pola ini mengindikasikan bahwa *spawning* mungkin telah terjadi 1 sampai 2 malam setelah bulan purnama.

Resim pasang surut dan serbuan kegelapan juga dapat memainkan peran sebagai “fungsi penguat” yang menentukan waktu nyata ketika pemijahan akan terjadi. Waktu pemijahan mungkin berhubungan dengan

konsentrasi dan akumulasi gamet pada pasang rendah. Keberhasilan pelepasan gamet secara sinkroni dalam populasi ketika terjadi pasang rendah ialah untuk memaksimalkan kesuksesan pembuahan. Sedangkan suhu, cahaya bulan dan matahari hanya digunakan oleh karang-karang sebagai isyarat untuk pemijahan sinkronis. Isyarat ini digunakan oleh spesies karang sebagai salah satu tanda untuk memperoleh informasi satu sama lain. Pentingnya ketepatan waktu selama siklus bulan atau pasang surut terhadap peristiwa pemijahan pada karang dibutuhkan untuk membebaskan predasi ketika karang tetap menghasilkan suatu konsentrasi gamet yang tinggi dan juga memaksimalkan pembuahan (Rani, 2004).

BAB VI

PERTUMBUHAN

1. Definisi Pertumbuhan

Pertumbuhan adalah perubahan ukuran panjang, berat, volume, lebar (koloni, cangkang) atau dimensi-dimensi yang lain dalam kurun waktu tertentu. Menurut Suharsono (1984), pertumbuhan karang merupakan proses penambahan panjang, volume atau perubahan tutupan kerangka karang per satuan waktu. Proses tersebut terjadi karena adanya kalsifikasi yang tersusun dari kalsium karbonat dalam bentuk aragonit kristal (kristal serat CaCO_3) dan kalsit, sedangkan menurut Buddmeier dan Kinzie (1976) Pertumbuhan karang merupakan penambahan panjang linear, berat, volume, atau luas kerangka atau bangunan kapur (Kalsium) spesies karang dalam kurun waktu tertentu.

Pengukuran pertumbuhan ikan, umumnya didasarkan pada panjang dan berat tubuhnya. Panjang kadang diukur panjang totalnya (total length) atau panjang cagaknya. Untuk udang umumnya yang diukur adalah panjang karapas atau panjang totalnya, sedangkan untuk karang umumnya menggunakan lebar koloni (yang pertumbuhannya massif), panjang cabang (untuk yang pertumbuhannya bercabang) atau perubahan volume koloni. Selain pengukuran secara langsung, seperti tersebut di atas, pengukuran secara tidak langsung juga

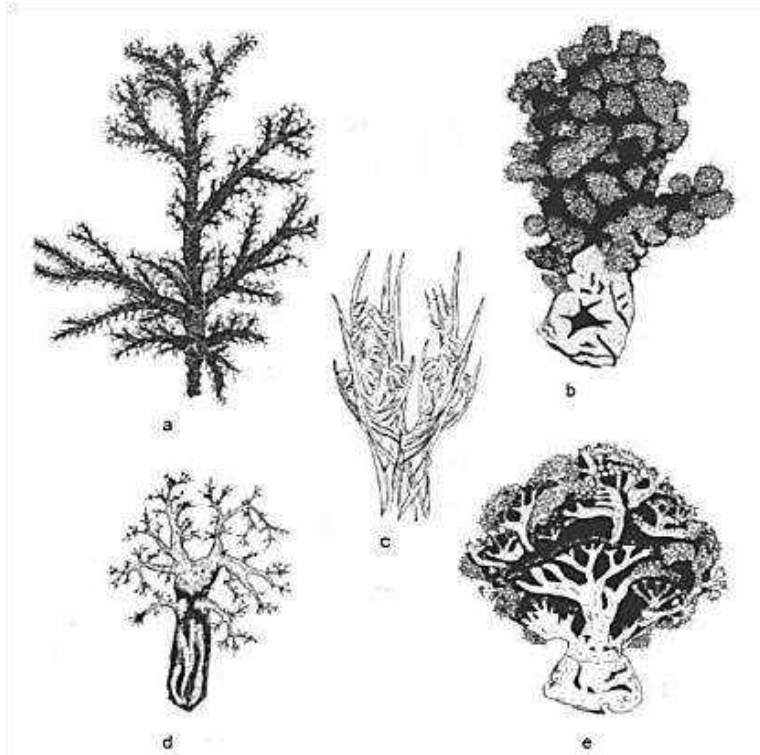
sering dilakukan. Pengukuran tidak langsung tersebut meliputi pertumbuhan kerangka/corallum menggunakan metode pewarnaan alizarin red, metode radio isotop (mengukur laju kalsifikasi), metode X-Radiograph/X-Ray, dan metode fixel menggunakan software tertentu, misal *J-Image*.

2. Bentuk-Bentuk Pertumbuhan

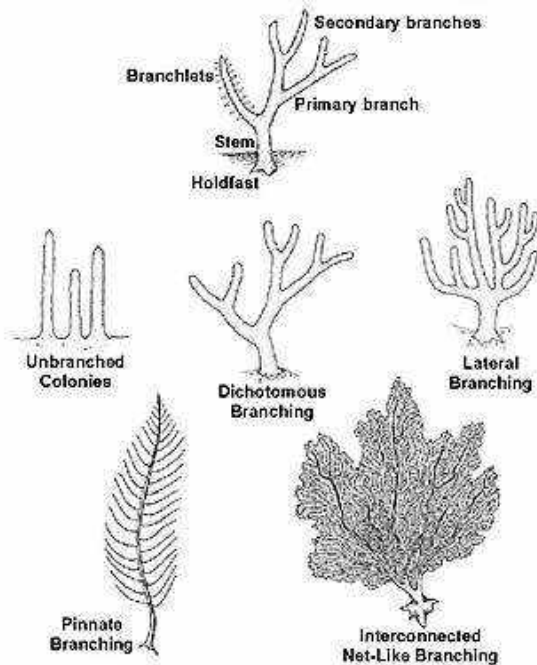
Menurut Bayer *et al.* (1983) dalam Manuputty (2002) beberapa bentuk pertumbuhan (percabangan) Alcyonacea. Bentuk pertumbuhan (percabangan) karang lunak ditunjukkan pada Gambar 149, dan diuraikan sebagai berikut: (a) **lobata**, bertangkai pendek atau panjang, kapitulum terdiri atas lobus yang berbentuk jari pendek atau tonjolan tonjolan bulat yang tidak beraturan bentuk maupun ukurannya; (b) **encrusting**, kapitulum tanpa tangkai, pertumbuhan koloni merambat dan melekat erat di dasar, pada permukaan atas kapitulum terdiri dari kumpulan lobus berbentuk bulatan atau seperti pematang yang tegak lurus; (c) **arboresen**, bentuk pertumbuhan seperti pohon dengan batang utama dan cabang-cabang (Gambar 149a); (d) **glomerata**, bentuk pertumbuhan arboresen dengan cabang primer bergerombol pendek dan rapat, melekat pada batang utama (Gambar 149b); (e) **divarikata**, bentuk pertumbuhan arboresen, dari cabang primer bercabang menjadi cabang sekunder namun tidak rapat (Gambar 149d); (f) **umbellate**, bentuk pertumbuhan seperti arboresen tetapi cabang primer dan sekunder tersusun menyerupai payung (Gambar 149e), sedangkan berdasarkan bentuk

Pertumbuhan

percabangannya, istilah-istilah bentuk pertumbuhannya diperlihatkan pada Gambar 150.



Gambar 149. Bentuk pertumbuhan pada Alcyonacea dan Supporting Bundle pada Nephtheidae (Bayer *et al.*, 1983). Keterangan: a. arboresen; b. glomerata; c. supporting bundle; d. divaricata; e. umbellata



Gambar 150. Bentuk-bentuk pertumbuhan berdasarkan bentuk percabangannya

3. Kalsifikasi

Kalsifikasi adalah proses pengapuran yang terjadi rangka karang, baik untuk rangka karang keras (Scleractinia), corallum maupun rangka Octocorallia, sklerit. Menurut Suharsono dan Kiswara (1984) proses kalsifikasi sebenarnya adalah proses mineralisasi yang terjadi diluar kalikoblas epidermis. Bahan utama yang digunakan untuk proses kalsifikasi sebenarnya

Pertumbuhan

merupakan suatu hasil metabolisme yang disekresikan, dan terdiri dari beberapa substansi muchopolysacarida, yang memungkinkan karang mengikat kalsium (Ca^{2+}) dari air laut. Bohm *et al.* (2005) menyatakan di laut kalsium tersedia dalam jumlah yang tak terbatas sehingga tidak menjadi faktor pembatas untuk pembentukan CaCO_3 . Kecepatan pembentukan CaCO_3 , yang merupakan komponen utama dari kerangka karang, tergantung pada kecepatan pemindahan asam karbonat pada tempat kalsifikasi. Pemindahan asam karbonat dapat dilakukan oleh enzim "*carbonic anhydrase*". Adanya penghambat "*carbonic anhydrase*" dapat menyebabkan berkurangnya kecepatan kalsifikasi, karena terganggunya efisiensi pemindahan asam karbonat. Disamping itu pemindahan asam karbonat juga dilakukan melalui proses fiksasi CO_2 oleh zooxanthellae pada waktu berfotosintesis.

Proses kalsifikasi karang sangat kompleks. Semua bahan yang didepositkan bergerak dibawah kontrol metabolik yang sangat berkaitan, sehingga terjadi kesesuaian antar pengambilan dan pengendapan (Garison dan Ward, 2008). Adanya kontrol metabolik ini menyebabkan proses kalsifikasi ini sangat dipengaruhi oleh lingkungan seperti cahaya dan suhu. Akibatnya kecepatan kalsifikasi sangat bervariasi dari tahun ketahun, serta terjadi perbedaan densitas pengendapan dengan kondisi lingkungan yang berpengaruh selama tahun itu. Smith (2004) menyatakan peranan zooxanthellae dalam kalsifikasi sangat penting. Jika zooxanthellae dicegah untuk tidak

melakukan fotosintesis atau dipindahkan dari jaringan karang maka reaksi pembentukan CaCO_3 menjadi sangat lambat.

Koloni karang dengan zooxanthellae masih dapat mengadakan kalsifikasi yang lebih cepat dalam keadaan gelap dari pada koloni tanpa zooxanthellae dalam keadaan ada cahaya. Peranan zooxanthellae dalam mekanisme kalsifikasi adalah dalam memindahkan hasil buangan yang dihasilkan oleh karang seperti CO_2 , nitrogen, fosfor, dan sulfur. Dengan adanya pemindahan zat-zat ini kecepatan metabolisme karang meningkat (Bohm *et al.*, 2005).

Beberapa hipotesis telah diajukan untuk menjelaskan hubungan antara zooxanthellae dan kalsifikasi, yaitu: (1) simbiosis mensintesis molekul yang penting untuk proses kalsifikasi; (2) simbiosis mempengaruhi keseimbangan DIC dalam jaringan karang dengan mengambil CO_2 untuk fotosintesis atau dengan ion hidroksil yang mensekresi produk dari Mekanisme Carbon Berkonsentrasi; (3) simbiosis menghasilkan energi dan O_2 yang dapat mempercepat proses kalsifikasi; (4) simbiosis berperan dalam penghapusan zat lain yang akan menghambat kalsifikasi (Tambutté dan Ferrier-Pagès, 2008).

4. Pertumbuhan

Hasil penelitian transplantasi karang lunak yang dilakukan oleh Haris (2001) di Pulau Pari, Kepulauan Seribu didapatkan pertumbuhan mutlak *Sarcophyton trocheliophorum* dan *Lobophytum strictum* setelah dipelihara selama 4 bulan untuk cara potong transversal-basal adalah 17.636 mm dan cara

Pertumbuhan

potong transversal-median adalah 7.933 mm. Pertumbuhan cara potong transversal-median lebih tinggi daripada cara potong transversal-basal, tetapi hasil analisis ragam menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p > 0.05$), sedangkan pertumbuhan karang lunak pada zona *windward* adalah 18.472 mm, zona *leeward* adalah 22.300 mm dan zona goba adalah 12.581 mm. Pertumbuhan karang lunak tertinggi didapatkan pada zona *leeward* disusul zona *windward* dan terendah pada zona goba. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa laju pertumbuhan antar zona berbeda nyata ($p < 0.05$).

Tidak adanya perbedaan nyata pertumbuhan antara cara potong transversal-basal dengan transversal–median diakibatkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah karena setelah dipotong, struktur jaringan fragmen kedua cara potong tersebut relatif sama. Struktur jaringannya mengandung spikula dalam jumlah yang relatif sama. Menurut Fossa dan Nilsen (1998), *Sarcophyton trocheliophorum* dan *Lobophytum strictum* termasuk karang lunak *leather coral*, yaitu karang lunak yang berkulit dan banyak mengandung spikula. Hal ini dibuktikan dengan tegak dan kokohnya fragmen kedua cara potong tersebut setelah dilekatkan pada substrat. Faktor kedua adalah karena individu-individu pada koloni fragmen kedua cara potong tersebut dapat tetap hidup, walaupun pada minggu pertama dan kedua pemeliharaan mengalami gangguan fisiologis. Gangguan fisiologis ini sebagai akibat belum sembuh luka akibat pemotongan. Gangguan fisiologis ini berupa keluarnya cairan jaringan tubuh dan diproduksinya lendir yang relatif

banyak. Pada bulan berikutnya sampai penelitian ini berakhir gejala ini sudah tidak tampak karena jaringan yang luka akibat pemotongan sudah mengalami proses penyembuhan. Sebagai perbandingan dengan karang batu (*stony coral*), menurut Sadarun (1999), masa berlendir dan penyembuhan luka 11 jenis genera *Acropora* masing-masing berkisar 3 -13 hari.

Tingginya laju pertumbuhan pada zona *leeward* diakibatkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah karena sumber hewan uji kedua jenis karang lunak yang ditempatkan pada semua zona penelitian diambil pada zona *leeward*. Kesamaan tempat pengambilan dan penempatan hewan uji penelitian yang ditempatkan pada zona *leeward*, berarti fragmen-fragmen karang lunak ditempat ini tidak memerlukan lagi proses adaptasi terhadap perubahan parameter-parameter oseanografis. Menurut Plucer-Rosario dan Randall (1987) dalam Harriott dan Fisk (1988), karang yang ditransplantasi harus diambil dari habitat yang sama, khususnya yang berkenaan dengan tingkat pergerakan air, kedalaman dan kekeruhan. Faktor kedua adalah relatif rendahnya tingkat kekeruhan pada zona *leeward*. Kekeruhan yang rendah ini mengakibatkan intensitas cahaya yang masuk ke kolom air lebih banyak. Menurut Rani (1999), intensitas cahaya yang tinggi akan menjamin berlangsungnya proses fotosintesa dari zooxanthellae yang hidup pada jaringan polip karang. Tingginya fotosintesa dengan sendirinya akan menjamin terpenuhinya energi yang dibutuhkan untuk laju pertumbuhan karang yang berasal dari translokasi produk fotosintesa dari zooxanthellae, di mana

Pertumbuhan

diketahui bahwa sebagian besar energi metabolisme karang berasal dari produk zooxanthellae.

Rendahnya laju pertumbuhan pada zona *windward* diakibatkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah rendahnya suhu perairan pada zona tersebut. Suhu yang didapatkan di zona *windward* lebih rendah dari suhu laju pertumbuhan optimum pada karang, yaitu 26 – 28 °C (Birkeland, 1997). Menurut Brown dan Howard (1985), Brown (1988) dalam Zamani (1995), Jokiel dan Coles (1990), Gross (1992), Glynn (1993), Guldberg (1999), terlalu tinggi atau rendahnya suhu suatu perairan dapat menyebabkan terjadinya kehilangan zooxanthellae dari jaringan karang yang merupakan sumber utama nutrisi dan warna. Kehilangan zooxanthellae dalam waktu yang lama dapat menyebabkan *bleaching*. Selanjutnya Dubinsky (1990), mengatakan bahwa efek perubahan suhu pada karang dapat menyebabkan turunnya respon makan, mengurangi rata-rata reproduksi, banyak mengeluarkan lendir dan proses fotosintesa atau respirasi berkurang. Faktor kedua adalah tingginya kekeruhan. Kekeruhan yang tinggi akan mengakibatkan intensitas cahaya yang masuk kolom air menjadi lebih rendah, sehingga mengakibatkan laju fotosintesa menjadi rendah. Faktor ketiga adalah tingginya laju sedimentasi. Laju sedimentasi yang tinggi dapat menurunkan laju pertumbuhan secara tidak langsung karena dapat mengeluarkan zooxanthellae dari jaringan tubuh karang lunak. Zooxanthellae banyak berperan penting untuk pemenuhan nutrisi pada karang lunak Menurut Brown (1988), sedimentasi dapat mengakibatkan

keluarnya zooxanthellae pada karang. Selanjutnya menurut Tomascik *et.al.* (1997), zooxanthellae pada karang lunak berperan penting pada penyediaan nutrisi melalui proses fotosintesa dan kemungkinan besar berperan juga pada proses kalsifikasi dan pengendapan sklerit.

Parameter kecepatan arus dan pergerakan air yang cukup tinggi pada zona *windward* sebenarnya dapat memberikan respon positif terhadap laju pertumbuhan, tetapi keuntungan ini tidak efektif karena parameter lainnya tidak mendukung, seperti rendahnya suhu, tingginya tingkat kekeruhan dan besarnya laju sedimentasi. Menurut Tomascik (1991), arus dan pergerakan air sangat penting untuk transportasi zat hara, larva, dan bahan sedimen. Arus penting untuk penggelontoran dan pencucian limbah dan mempertahankan pola penggerusan dan pengurukan. Selanjutnya ditambahkan oleh Sukarno dkk. (1983) dalam Rani (1999), pergerakan air dapat memberikan oksigen yang cukup, oleh sebab itu laju pertumbuhan karang lebih baik pada daerah yang mengalami gelombang yang besar daripada daerah yang tenang dan terlindung.

Faktor keempat yang menyebabkan lebih rendahnya laju pertumbuhan pada zona *windward* daripada zona *leeward* adalah tingginya kandungan unsur hara, terutama nitrat. Nitrat yang tinggi pada zona *windward* akan mamacu laju pertumbuhan alga berfilamen yang banyak tumbuh pada substrat penempelan fragmen, sehingga keberadaan alga berfilamen tersebut dapat mengganggu efektifitas pemanfaatan cahaya, kompetitor dalam mencari ruang dan bahkan dapat

Pertumbuhan

memotong jaringan tubuh karang lunak yang diujicobakan. Menurut Tomascik (1991) *dalam* Rani (1999), zat hara nitrogen dan fosfor merupakan faktor yang paling menentukan kerusakan terumbu karang. Selanjutnya Pastorok dan Bilyard (1985) *dalam* Rani (1999), mengatakan zat hara ini akan memacu laju pertumbuhan fitoplankton. Populasi fitoplankton yang tinggi akan menekan karang melalui dua cara yaitu: pertama, mengurangi penetrasi cahaya bagi aktivitas zooxanthellae dan kedua, meningkatkan laju pertumbuhan jenis lain yang *filter feeder* yang selanjutnya berkompetisi dengan karang dalam hal ruang. Selanjutnya menurut Sprung dan Delbeek (1997) *dalam* Sandy (2000), Helaian filamen alga berfilamen yang tumbuh disekeliling karang lunak dapat mencekik cabangnya sampai berhasil digugurkan.

Untuk menghambat laju pertumbuhan alga berfilamen, sebenarnya karang lunak mempunyai kemampuan, karena karang lunak mengandung senyawa terpenoid. Menurut Sammarco *et. al.* (1983); La Barre *et.al.* (1986), karang lunak mempunyai sifat allelopatik, yaitu suatu sifat yang dapat menghambat laju pertumbuhan bahkan mematikan organisme lain terutama yang hidup melekat disekitarnya. Akan tetapi sampai saat ini belum ada hasil penelitian yang menjelaskan bahwa senyawa terpenoid yang dikandung oleh karang lunak jenis *Sarcophyton sp* dan *Lobophyton sp* dapat mematikan alga berfilamen. Hasil penelitian yang ada tentang toksisitas senyawa terpenoid yang dikandung karang lunak terhadap organisme hanya dilakukan terhadap ikan (Bakus, 1981 *dalam* Manuputty,

1991; Coll *et.al.*, 1982) dan karang batu (Sammarco *et.al.*, 1983; Dai, 1990; La Barre *et.al.*, 1986).

Ketidakempmaan ini juga diduga karena tingkat toksisitas senyawa terpenoid yang dikandung oleh karang lunak jenis *Sarcophyton trocheliophorum* dan *Lobophytum strictum* tergolong sedang. Menurut Dai (1990), karang lunak jenis *Sarcophyton trocheliophorum* mempunyai kemampuan berkompetisi relatif yang tergolong sedang (*intermediate*) dan jenis *Lobophytum sp* tergolong di bawah sedang (*moderately subordinate*). Tingkat toksisitas karang lunak jenis *Sarcophyton trocheliophorum* dan *Lobophytum strictum* juga tergolong sedang karena termasuk *leather coral*, yaitu karang lunak yang berkulit keras dan mengandung spikula yang banyak. Menurut Manuputty (1991), tingkat toksisitas pada masing-masing suku sampai ke jenis bervariasi dari menghambat, merusak sampai mematikan predator. Demikian pula hubungannya dengan tekstur tubuh karang lunak. Pada jenis tertentu yaitu yang tubuhnya lentur karena kandungan spikulanya sedikit, mengandung senyawa terpenoid yang tingkat toksisitasnya tinggi, sedangkan yang teksturnya kaku, merambat dan agak keras karena banyak mengandung spikula yang besar-besar bahkan mencuat ke dinding tubuh, mengandung senyawa terpenoid dengan tingkat toksisitas yang rendah.

Pada zona goba didapatkan laju pertumbuhan yang paling rendah dari ketiga zona. Hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah rendahnya kecepatan arus dan gerakan air. Menurut Nybakken (1982), Birkeland (1997), Nontji

Pertumbuhan

(1987), perairan yang berarus atau berombak memiliki pertumbuhan karang yang baik dibanding dengan karang yang hidup di perairan yang tidak berarus. Hal ini disebabkan karena pada perairan yang berarus memungkinkan karang memperoleh sumber air yang segar, memberi oksigen dalam laut, menghalangi pengendapan sedimen pada koloni, memberikan sumber nutrisi dan memberikan plankton baru bagi sumber makanan koloni karang. Faktor kedua adalah tingginya tingkat kekeruhan. Seperti pada zona *windward*, zona goba juga memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi. Perairan yang mempunyai tingkat kekeruhan yang tinggi akan mengurangi penetrasi cahaya matahari ke dalam kolom air, sehingga menghambat laju fotosintesis zooxanthellae yang terdapat pada jaringan karang lunak. Menurut Tomascik *et.al* (1997), peningkatan kekeruhan pada kolom air dapat menurunkan penetrasi cahaya dan fotosintesis zooxanthellae, yang selanjutnya mempengaruhi produktivitas bersih karang. Faktor ketiga adalah, karena karang lunak yang ditransplantasikan di zona ini berasal dari zona *leeward*, sehingga sebelum ditransplantasikan karang lunak tersebut sudah mengalami stres selama dalam proses pengangkutan, walaupun selama pengangkutan fragmen karang lunak dimasukkan ke dalam baskom yang berisi air laut. Tingkat stres ini bertambah setelah spesimen hewan uji dimasukkan ke dalam laut. Hal ini diakibatkan karena kondisi lingkungan perairan sumber spesimen hewan uji dengan tempat uji coba berbeda. Karang lunak tersebut membutuhkan energi untuk proses adaptasi,

terutama adaptasi terhadap kecepatan arus, gerakan air dan kekeruhan.

Pertumbuhan jenis *Sarcophyton trocheliophorum* adalah 19.623 mm dan jenis *Lobophytum strictum* adalah 15.946 mm. Pertumbuhan karang lunak jenis *Sarcophyton trocheliophorum* lebih tinggi dari pada jenis *Lobophytum strictum*, dan berbeda nyata ($p < 0.05$). Tingginya laju pertumbuhan jenis *Sarcophyton trocheliophorum* daripada *Lobophytum strictum* diakibatkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah karena adanya perbedaan ukuran dan densitas polip. Ukuran polip dan densitas polip jenis *Sarcophyton trocheliophorum* lebih besar daripada jenis *Lobophytum strictum*. Menurut Fossa dan Nilsen (1998), jenis *Sarcophyton* mempunyai kapitulum yang sangat kuat dan tertutup penuh dengan polip. Polip-polip autozoidnya mempunyai panjang kira-kira 10 mm ketika polip-polip tersebut diperpanjang penuh, sementara *Lobophytum strictum* ukurannya lebih kecil. Ukuran polip yang panjang dan jumlah polip persatuan luas yang banyak akan mengefektifkan pengambilan makanan. Menurut Manuputty (1989), jenis *Sarcophyton trocheliophorum* merupakan jenis indikator arus deras, yaitu pada waktu arus deras, polipnya lebih aktif mencari makan. Selanjutnya Tomascik *et.al.* (1997), menyatakan bahwa banyak koloni *Sarcophyton* kelihatan sepanjang hari ketika polip-polip autozoidnya terjulur penuh. Faktor kedua adalah perbedaan laju fotosintesa. Laju fotosintesa jenis *Sarcophyton sp* lebih besar daripada jenis *Lobophytum sp*. Menurut Sorokin *et. al.* (1983) dalam Sorokin (1993), laju fotosintesa jenis

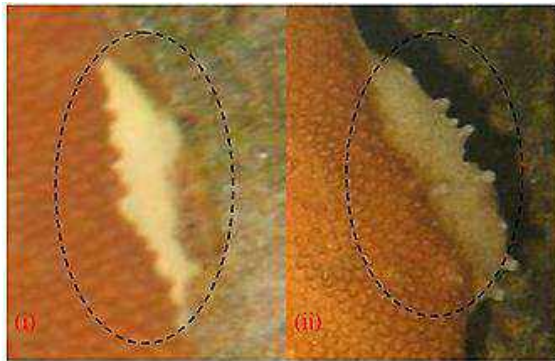
Pertumbuhan

Sarcophyton sp adalah sebesar $29 \mu\text{g Cg}^{-1} \text{h}^{-1}$ sedangkan *Lobophytum sp* adalah sebesar $28 \mu\text{g Cg}^{-1} \text{h}^{-1}$. Perbedaan laju fotosintesa ini mengindikasikan bahwa laju pertumbuhan jenis *Sarcophyton sp* lebih besar daripada jenis *Lobophytum sp*. Faktor ketiga adalah, karena jenis *Sarcophyton trocheliophorum* mempunyai kandungan zooxanthellae yang lebih banyak daripada jenis *Lobophytum strictum*. Perbedaan ini diakibatkan karena perbedaan ukuran polip. Menurut Sorokin (1993), polip yang berukuran besar juga mempunyai kandungan zooxanthellae yang banyak.

Penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi (2011) tentang transplantasi karang lunak *Lobopytum strictum* di perairan terbuka (laut) didapatkan pertumbuhan panjang dan lebar rata-rata fragmen karang pada kolam terbuka mengalami fluktuasi. Pada minggu pertama sampai minggu keempat fragmen mengalami pertumbuhan panjang dan lebar, namun pada minggu keenam pertumbuhan mengalami penurunan, dan pada pengamatan minggu ke-9 sampai minggu ke-12 menunjukkan pertumbuhan fragmen semakin menurun. Panjang rata-rata karang lunak selama tiga bulan penelitian berkisar antara $5,95 \pm 0,31$ cm sampai $10,04 \pm 0,6$ cm, sedangkan pertumbuhan lebar $6,84 \pm 0,72$ cm. Pada kolam tertutup, pertumbuhan mutlak panjang fragmen *Lobophytum strictum* awal penelitian sampai akhir penelitian menurun sebesar 3,55 cm sedangkan pertumbuhan mutlak lebarnya juga menurun, yaitu 4,28 cm.

Masa penyembuhan luka jaringan akibat pemotongan fragmen berbeda-beda, terkandung jenis dan kondisi lingkungan

di mana dilakukan transplantasi karang. Untuk jenis *Lobophytum strictum*, pada minggu pertama setelah fragmentasi lendir yang dikeluarkan karang lunak cukup banyak. Minggu kedua, lendir mulai berkurang dan luka pada karang lunak sudah mulai tertutup sebesar $37,81 \% \pm 1,51$. Minggu ketiga karang masih mengeluarkan lendir tetapi tidak sebanyak minggu kedua. Penutupan luka pada minggu ketiga mencapai $75,63 \% \pm 1,41$. Pada minggu keempat lendir pada karang lunak masih ada namun sangat tipis dan luka sudah hampir tertutup $92,5 \% \pm 1,51$ (Gambar 151) (Prastiwi, 2011).



Gambar 151. Penyembuhan luka karang lunak *Lobophytum strictum* (i) awal penelitian, (ii) penutupan luka (selama 4 minggu).

Laju pertumbuhan beberapa jenis Isididae memiliki laju kalsifikasi yang berbeda-beda. Genera *Isidella*, *Keratoisis* dan

Pertumbuhan

Lepidisis dikumpulkan di tiga gunung bawah laut Tasmania. Analisis dilakukan pada jaringan dan pertumbuhan organik cincin node pada resolusi temporal 1 sampai 4 tahun. Laju pertumbuhan radial pada 3 specimens dari genus *Lepidisis* sekitar $35 \pm 10 \mu\text{m}$ per tahun dan $113 \pm 17 \mu\text{m}$ per tahun untuk 1 specimen dari *Isidella* (Sherwood *et al.*, 2009).

5. Faktor-Faktor Pembatas

a. Suhu

Suhu merupakan faktor penting bagi kehidupan karang lunak (Bradbury dan Young, 1981 *dalam* Sorokin, 1992). Pertumbuhan hewan karang sangat dipengaruhi oleh suhu perairan sekitarnya. Biasanya dapat tumbuh pada suhu 18°C - 36°C dan pertumbuhan optimum terjadi di perairan yang suhu rata-rata tahunannya 26°C - 28°C (Birkeland, 1997). Di beberapa tempat masih bisa hidup dengan toleransi suhu 36°C - 40°C (Nybakken, 1982). Terlalu tinggi atau rendahnya suhu suatu perairan dapat menyebabkan terjadinya kehilangan zooxanthellae dari jaringan karang yang merupakan sumber utama nutrisi dan warna. Kehilangan zooxanthellae dalam waktu yang lama dapat menyebabkan *bleaching* dan akhirnya mematikan hewan karang tersebut (Brown dan Howard, 1985; Jokiel dan Coles, 1990; Gross, 1992; Glynn, 1996; Guldberg, 1999). *Bleaching* terjadi selama suhu menurun secara tiba-tiba $3 - 5^{\circ}\text{C}$ dari suhu rata-ratanya selama 5 - 10 hari, selama terjadi upwelling (Glynn dan D'Croze, 1990

dalam Glynn, 1996), atau suhu meningkat 3 – 4 °C untuk jangka pendek (1 – 2 hari), dan suhu meningkat 1 – 2 °C untuk jangka panjang (beberapa minggu) (Jokiel dan Coles, 1990).

Bleaching kemungkinan sama antara karang batu dengan karang lunak, tetapi mungkin perbedaannya bagaimana kedua kelompok ini dipengaruhi. Ketika *bleaching* terjadi pada karang lunak, zooxanthellae yang keluar kemungkinan mengganggu produksi metabolit sekunder yang sangat penting untuk kemampuan hidup karang lunak. Produksi senyawa ini sebagian kecil dihasilkan oleh zooxanthellae-nya. Ketika karang lunak kehilangan zooxanthellae-nya mereka juga kehilangan sumber utama makanannya. Karang lunak mati karena dia mudah sekali terkena infeksi akibat sistem imunnya dibawah tekanan yang hebat (Ashworth, 1997).

Peningkatan suhu akan menyebabkan mengerutnya protoplasma sehingga karang akan mengerut dan mengakibatkan zooxanthellae keluar dari jaringan karang. Kenaikan suhu 2 – 4 °C dapat merusak jaringan karang dan kenaikan 4 – 5 °C mengakibatkan kematian karang. Akibat lain dari kenaikan suhu adalah terhambatnya proses enzimatik dan proses kalsifikasi karang (Suharsono dan Kiswara, 1984; Grigg dan Dollar, 1990).

Suhu mempengaruhi kecepatan metabolisme organisme. Kenaikan suhu 10°C kegiatan metabolisme yang diukur dengan konsumsi oksigen menjadi dua kali.

Pertumbuhan

Beberapa jenis karang dapat bertahan terhadap suhu 14°C akan tetapi laju kalsifikasi menjadi menurun. Demikian pula dengan suhu yang tinggi, metabolisme meningkat sampai kecepatan tertentu hingga pertumbuhan kerangka menurun. Menurut Dubinsky (1990), efek perubahan suhu pada karang dapat menyebabkan turunnya respon makan, mengurangi rata-rata reproduksi, banyak mengeluarkan lendir dan proses fotosintesis atau respirasi berkurang.

b. Kedalaman

Pertumbuhan terumbu karang juga dibatasi oleh kedalaman. Pertumbuhan yang baik terjadi pada kedalaman kurang dari 25 m. Pada kedalaman 50 m - 70 m terumbu karang tidak dapat berkembang dengan baik. Hal inilah yang menyebabkan terumbu karang banyak ditemukan di pinggiran benua-benua atau pulau-pulau (Nybakken, 1982).

Alasan utama pembatasan kedalaman adalah berhubungan dengan kebutuhan karang hermatifik akan cahaya. Cahaya yang cukup harus tersedia untuk proses fotosintesis zooxanthellae yang hidup bersimbiosis dalam jaringan tubuh hewan karang. Cahaya yang kurang dapat menyebabkan laju fotosintesis berkurang dan bersamaan dengan itu akan berpengaruh pada jumlah kalsium karbonat yang dihasilkan yang berguna dalam pembentukan kerangka karang dengan proses kalsifikasi

(Nybakken, 1982). Penurunan ketersediaan cahaya pada perairan yang lebih dalam akan mengakibatkan penurunan keberhasilan kolonisasi karang keras dan karang lunak. Hal ini diakibatkan oleh penurunan jumlah zooxanthellae persatuan luas permukaan koloni pada beberapa jenis karang (Drew, 1972 *dalam* Tursch dan Tursch, 1982).

c. Pergerakan Air

Perairan yang berarus atau berombak memiliki pertumbuhan karang yang baik dibanding dengan karang yang hidup di perairan yang tidak berarus atau bergelombang besar. Hal ini disebabkan pada perairan yang berarus memungkinkan karang memperoleh sumber air yang segar, memberi oksigen dalam laut, menghalangi pengendapan sedimen pada koloni, memberikan sumber nutrisi dan memberikan plankton baru bagi sumber makanan koloni karang (Nybakken, 1982; Birkeland, 1997).

Pergerakan air juga berkaitan dengan komposisi dan bentuk distribusi karang lunak (Benayahu, 1985). Pada zona terumbu yang dangkal dan rata-rata terumbu yang menghadap ke arah angin (*windward*) struktur komunitas karang adalah sangat dominan dan dipengaruhi oleh tekanan ombak dan arus pasang (Dollar, 1982 *dalam* Sorokin, 1992). Tekanan ombak juga mempengaruhi persaingan jenis-jenis pada komunitas Octocorallia yang

Pertumbuhan

menghuni permukaan dari rataaan terumbu pada *windward* dan *reef slope* bagian atas (Morton, 1974 *dalam* Sorokin, 1992).

Pertumbuhan karang dipengaruhi oleh siltasi pada perairan yang keruh pada daerah yang intensif terjadi resuspensi sedimen karena ombak dan arus, dan biotop-biotop yang menerima bahan-bahan terrigenous tersuspensi (Durdan, 1989 *dalam* Sorokin, 1992). Siltasi dan cahaya yang lemah juga mempengaruhi rekrutmen planula karang (Johannes, 1972a *dalam* Sorokin, 1992).

d. Salinitas

Salinitas suatu perairan mempengaruhi pertumbuhan karang lunak (Bradbury dan Young, 1981 *dalam* Sorokin, 1992). Salinitas optimum bagi pertumbuhan karang 32-35 ‰. Pada perairan bersalinitas rendah seperti di muara sungai jarang ditemukan terumbu karang dan pada daerah bercurah hujan tinggi akan menyebabkan terumbu karang mengalami gangguan, begitu juga pada perairan yang kadar garamnya sangat tinggi (hyperhalin). Terumbu karang yang ada di *reef flat* mampu beradaptasi dalam waktu singkat dengan salinitas rendah saat terjadinya hujan, namun hujan lebat dalam waktu yang lama dengan perubahan salinitas yang drastis akan merusak komunitas karang di daerah tersebut (Nybakken, 1982; Veron, 1986).

Parrish *et al.* (2009) memantau koloni karang emas Hawaii (*Gerardia* sp.) untuk 9 thn dan melaporkan tingkat

pertumbuhan gross linear hanya milimeter per tahun, koloni menunjukkan sangat berumur panjang (~950 tahun). Radiometrik validasi metode memberikan kejujuran dalam tingkat pertumbuhan in situ; radiokarbon dan timbal-210 (^{210}Pb) validasi studi (Andrews *et al.* 2009, volume ini) menguntungkan dibandingkan dengan lambat Pertumbuhan (hingga 1,4 cm thn⁻¹) dan umur panjang tinggi (> 145 thn) diamati dalam studi sebelumnya dari karang bambu (Tracey *et al.* 2007). Dengan demikian usia dan pertumbuhan bentuk percabangan kompleks karang muncul mirip dengan yang dari kerangka karang besar di dangkal air yang tumbuh pada tingkat 5 sampai 40 mm thn⁻¹ (Fossa *et al.* 2002, Freiwald 2002, Adkins *et al.* 2004, Brooke & Young 2009, volume ini). Lambat pertumbuhan dan umur panjang adalah 2 parameter kunci sejarah hidup yang berkontribusi pada kerentanan spesies (misalnya Roberts & Hawkins 1999) dan ini, bersama dengan fekunditas dan perekrutan (misalnya Pires dkk. 2009, volume ini), adalah pertimbangan penting dalam pengembangan perlindungan langkah-langkah di laut dalam.

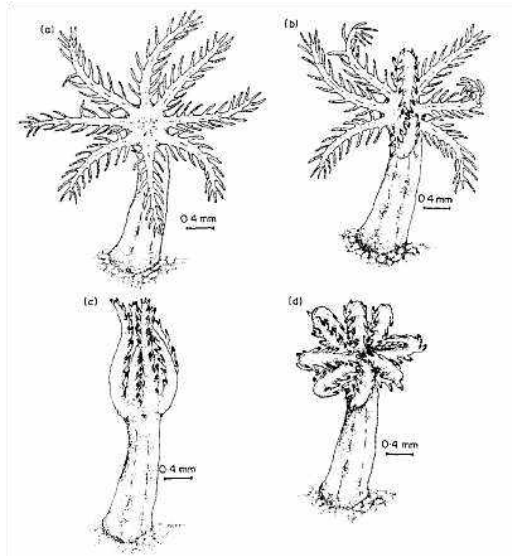
BAB VII

NUTRISI

1. Nutrisi Heterotrofik

a. Cara Menangkap Makanan

Pola umum menangkap makanan dan makan yang diteliti di laboratorium diantara berbagai spesies yang diuji, dengan pengecualian Famili Xenidae. Semua polip mempersiapkan diri untuk menangkap makanan yang diperluas dengan tentakel dan pinnules yang sangat reaktif. Makanan ditangkap secara *raptorial* oleh tentakel dan pinnules dan kemudian dipindahkan ke mulut dan tertelan. Polip Alcyonacea yang sepenuhnya diperluas dicirikan oleh *oral disc* yang datar atau sedikit cekung yang dilingkari oleh tentakel



Gambar 152. Tingkah laku makan, *Sarcophyton trocheliophorum*: (a) Persiapan makan polip. (b) Tentakel polip berbalik ke dalam untuk menutupi mulut. (c) Tentacles polip dilipat ke dalam untuk membentuk struktur seperti keranjang (d) Kontraksi dan pelepasan lengkap tentakel polip.

Yang sepenuhnya diperluas yang terletak pada bidang yang sama seperti cakram namun melengkung sedikit ke dalam atau melengkung ke belakang. *Pinnules* ketika sepenuhnya diperluas akan memanjang, meruncing ke titik dan terletak pada bidang yang sama dengan oral disc,

Nutrisi Octocorallia

dalam satu baris pada setiap sisi tentakel. Posisi ini bisa dianggap sebagai posisi yang ideal untuk persiapan mendapatkan makanan (Gambar 152a) (Lewis, 1982).

Polip yang dijulurkan sering diamati di lapangan pada genera yang memiliki autozooids besar (Sarcophyton) dan genera mengandung polip yang lebih kecil (Sinuluria, Paralemnalia) di laboratorium. Polip yang dijulurkan merupakan karakteristik koloni yang bugar dan sehat di laboratorium, baik pada siang dan malam hari. Ada banyak aktivitas saraf spontan pada polip yang dijulurkan oleh gerakan individu satu tentakel dan gerakan terkoordinasi dari semua tentakel. Secara berkala, satu atau lebih tentakel memberi fleksi oral yang cepat bersamaan dengan kontraksi *oral disc*. Pinnules juga menunjukkan aktivitas saraf yang cukup dengan terus-menerus melambai, menjentikkan dan berkontraksi. Aktivitas spontan terkoordinasi terjadi pada seluruh koloni beberapa taksa Alcyonacea. Pada Xenidae misalnya, denyut berirama dari semua atau beberapa polip pada koloni telah diamati. Pada *Xenia elongata* dan *Heteroxenia elizabethae*, polip dibuka dan ditutup secara berirama sementara tentakel melambai dan sebentar-sebentar diseka ke mulut. Pada beberapa spesies Sinularia, tentakel dari polip yang dijulurkan ditekuk ke belakang atau secara aboral pada interval tidak teratur, kemudian ditutup dengan cepat di atas cakram oral/*oral disc* dan dibuka kembali (Lewis, 1982).

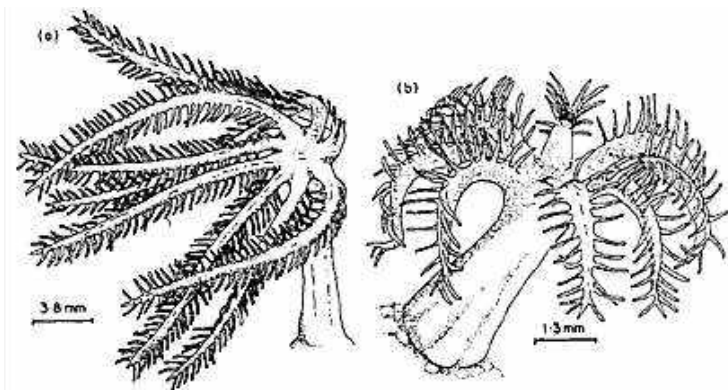
Di laboratorium, aktivitas polip meningkat atas kehadiran mangsa dihadapannya dan beberapa cara pengambilan makanan diamati. Perbandingan ukuran polip, panjang tentakel dan jumlah *pinnules* mempengaruhi kemampuan mendapatkan makanan beberapa spesies Alcyonacea. Ada dua cara tingkah laku tentakel dalam mendapatkan makanan (ikan yang dihaluskan, nauplii *artemia salina*, plankton hidup), yaitu tentakel menutup dan tentakel menggelembung. Partikel kecil makanan menempel pada *pinnules* yang kemudian berkontraksi atau terlipat ke dalam. Pada saat yang sama tentakel melentur ke dalam dengan cepat menuju ke mulut (Gambar 152b). Saat tentakel menyapu cakram oral, mulut terbuka dan partikelnya tersedot ke dalam faring. Ujung tentakel sering dijejalkan ke mulut yang terbuka. Setelah melepaskan partikel makanan, tentakel menekuk ke luar lagi dan mengambil posisi yang meluas. Urutan kejadian ini biasanya melibatkan satu tentakel dan diulang olehnya atau tentakel lainnya.

Penangkapan benda-benda makanan yang lebih besar seperti larva *Artemia salina* atau copepoda kecil dilakukan dengan mengkoordinasikan pergerakan beberapa atau semua tentakel. Mangsanya menempel pada *pinnules* dan tentakel. Setelah ditangkap, tentakel dilipat ke dalam dengan cepat untuk membentuk struktur seperti keranjang yang menahan mangsanya di dalam (Gambar 152c). Tentakel kemudian ditekan ke bawah pada cakram

Nutrisi Octocorallia

oral, mulut terbuka dan mangsa tersedot ke dalam faring. Larva lebih besar yang aktif berenang (> 2-3 mm) juga ditangkap oleh semua tentakel yang terlipat ke dalam dan berkontraksi. Pelingkupan lengkap dari cakram oral dihasilkan karena tentakel membentuk struktur seperti tinju (Gambar 152d). Penelanan dimulai saat batang polip berkontraksi dan semua polip sering ditarik ke dalam matriks (Lewis, 1982).

Polip *Xenia elongata* diamati dalam kondisi yang sepenuhnya dijulurkan di lapangan (Gambar 153a). Dari Gambar ini dapat dilihat bahwa tentakel sangat memanjang dan pangkal ramping dan runcing terletak pada satu baris di sepanjang setiap tentakel. Karena panjang tentakel dan respons pasif mereka terhadap pergerakan air, polip tampaknya tidak mengasumsikan persiapan berjaga-jaga untuk mendapatkan makanan, namun bergerak maju dan mundur di dalam air. Dilihat dari pengamatan yang dilakukan tentang polip makan (*feeding polyp*) dengan tentakel panjang pada Gorgonacea, partikel makanan ditangkap oleh tentakel dan pinnules, tentakel diseka di mulut dan mangsanya kemudian tertelan (Lewis, 1982).



Gambar 153. Polip menjulur untuk makan pada (a) *Xenia elongata* dan (b) *Telestoriisei*

Octocorallia mempunyai variasi tipe-tipe cara makan yang tinggi (Lewis, 1982 dalam Sorokin, 1992). Salah satu cara makannya adalah menangkap mesoplankton yang dilakukan oleh nematokis-nya (Mariscal dan Bigger, 1977 dalam Sorokin, 1992). Nematokis adalah sel-sel penyengat yang dipakai oleh hewan-hewan Phylum Cnidaria untuk melumpuhkan mangsanya, terutama zooplankton. Sel-sel penyengat ini tersebar luas pada tentakel-tentakelnya.

Octocorallia dapat menangkap makanan melalui phagotrophy (tentakel yang menangkap makanan yang lewat dan memasukkannya dalam mulut di mana makanan itu dicerna), dan melalui *ciliary feeding* (pengeluaran lapisan mucus yang menjebak partikel

Nutrisi Octocorallia

organik kecil yang dihembuskan ke mulut oleh rambut-rambut kecil yang disebut cilia). Octocorallia mungkin juga mengambil bahan organik terlarut dari air laut untuk digunakan sebagai energi dasar. (Sunarto, 2008).

Gambaran khusus morfologi mengenai organ nutrisi dari Octocorallia tampaknya telah ada sejak tahap awal evolusinya (Schmidt, 1972 dalam Sorokin, 1992). Hal ini yang mendasari kita untuk menduga bahwa mereka memiliki strategi tersendiri dalam cara makan dan menangkap mangsa, dan berbeda dengan yang dilakukan oleh karang batu. Analisis isi perut polip *Alcyonium digitatum* memperkuat data awal mengenai kemampuan mereka untuk menangkap zooplankton kecil yang bergerak lambat, seperti *Oicopleura* muda, larva-larva *ascidian* dan *foraminifera* (Sebens dan Koehl, 1984 dalam Sorokin, 1992), krustasea kecil (Pratt, 1906 dalam Sorokin, 1989), fitoplankton *Skeletonema costatum* dan zooplankton naupli *Artemia* sp. dengan laju pemindahan untuk fitoplankton $0.16 \pm 0.07 \text{ mg C}^{-1}\text{h}^{-1}$ dan zooplankton $0.79 \pm 0.48 \text{ mg C}^{-1}\text{h}^{-1}$ (Migne dan Davoult, 2002).

Pengambilan makanan Octocorallia yang tidak memiliki zooxanthellae (azooxanthellae) lebih efektif daripada yang memiliki zooxanthellae. Genera dan atau non-fotosintetik mempunyai rentang warna polip yang putih, berwarna, dan tembus pandang. Spesies-spesies azooxanthellate sering memiliki penampilan yang lembut, berair seperti genera *Chironophthya*, *Dendronephthya*,

Nephthyigorgia dan Scleronephthya. Tidak seperti kipas laut atau gorgonia yang memperlihatkan berbagai konfigurasi cabang (Grasshoff dan Bargibant, 2001 *dalam* Janes, 2008)

b. Sumber Nutrisi Heterotrofik

Sumber eksternal nutrisi (heterotrofik) Octocorallia terdiri dari bahan organik partikulat dan terlarut, yang diambil dari kolom air. Karang memakan fitoplankton, zooplankton, ikan kecil, bakteri, Protista, bahan tersuspensi lainnya, dan akhirnya bahan organik terlarut seperti urea dan asam amino. Penyerapan bahan organik partikulat dan terlarut dari kolom air dikenal sebagai heterotrofi, dan senyawa organik yang diperoleh dari proses ini digunakan oleh karang untuk produksi energi dan pertumbuhan (Wijgerde, 2013).

Kebanyakan spesies Cnidaria memiliki beberapa kapasitas makan polytrophic. Kapasitas makan tersebut yaitu: (1) melalui nematokis, mangsa ditangkap dan akhirnya dicerna dalam vakuola makanan sel-sel gastrodermal; (2) bahan organik yang larut di laut dimanfaatkan oleh penyerapan langsung melalui epidermis; dan (3) asimilasi alga endosimbiotik/ zooxanthellae yang digunakan oleh metabolisme inang/ karang (Schlichter *et al.*, 1983).

Dalam kondisi alami, karang menerima sebagian besar karbon organiknya dari zooxanthellae endosymbiotiknya,

Nutrisi Octocorallia

dan dalam beberapa kasus, alga endolitik yang berada dalam kerangka karang. Dengan menggunakan energi cahaya, zooxanthellae (genus *Symbiodinium*) dan alga endolitik (genus *Ostreobium*) mengubah senyawa anorganik yang diperoleh dari karang dan air laut (karbon dioksida, bikarbonat, amonium, nitrat, fosfat) menjadi molekul organik seperti glukosa dan gliserol. Proses ini dikenal sebagai fotosintesis atau fotoautotrofik, dan memungkinkan zooxanthellae memberi makan dirinya dan karang induk semangnya, karena surplus senyawa organik yang dihasilkan dilepaskan ke dalam sel karang (Wijgerde, 2013).

Produk limbah anorganik yang dihasilkan oleh karang (karbon dioksida, amonium) kemudian didaur ulang oleh zooxanthellae. Selain itu, cyanobacteria pengfiksasi nitrogen menyediakan ammonia bagi zooxanthellae, yang dihasilkan oleh bakteri dari nitrogen terlarut (N_2). Pertukaran nutrisi antara karang, zooxanthellae dan bakteri memungkinkan karang tumbuh pada kondisi ketersediaan nutrisi rendah (Lesser *et al.*, 2007 dalam Wijgerde, 2013). Namun, keterbatasan fotosintesis tampaknya tidak mampu menyediakan karang dengan nitrogen organik dan fosfor yang cukup untuk mempertahankan pertumbuhan jaringan dan sintesis matriks organik. Oleh karena itu, karang harus mendapatkan makanan dari bahan organik, yang disebut heterotrofik (Wijgerde, 2013).

Melihat morfologi bagian luar polip *Octocorallia*, dapat diasumsikan bahwa dia termasuk organisme heterotrofik bahan organik yang merupakan sumber penting nutrisi untuk memenuhi kebutuhan energinya (Tomascik *et al.*, 1997). *Octocorallia* adalah pemakan suspensi yang pasif, dan tergantung pada aliran air untuk pengangkutan partikel (Migne dan Davoult, 2002). Banyak *Octocorallia* sangat tidak efisien pada proses fotosintesa. Karbon yang didapatkan melalui proses fotosintesa sangat rendah. *Octocorallia* sebagian besar tergantung pada penambahan jumlah makanan dengan sumber utama adalah alga kecil yang tersuspensi di dalam air (Fabricius, 1996 dalam Cuthill, 1996). *Leptogorgia sarmentosa* di Mediterania meng grazing *dissolved organic carbon* (DOC), *detritus particulate organic carbon* (POC) dan partikulat hidup seperti pico- dan nanoplankton, dinoflagellata, diatom and ciliate (Ribes *et al.*, 2003).

Berdasarkan analisa isi lambung, organisme mangsa Alcyonacea seperti *Xenia elongate*, *Sacrophyton trocheliophorum*, *Lemnalia sp.*, *Lobophytum cristagalli*, *Sinularia densa*, *Sinularia capillosa*, dan *Sinularia microclavata* adalah Harpactacoid copepods, calanoid copepods, polychaeta, larva moluska, Nauplii, dan telur invertebrata (Lewis, 1982), *Dendronephthya hemprichi* dan tiga karang lunak yang melimpah lainnya bagian utara Laut Merah terutama mengandung phytoplankton dan sumber makanan lainnya yang belum diketahui jenisnya

Nutrisi Octocorallia

(Fabricius *et al.*, 1995). *Carijoa riisei* dari litoral Pernambuco, Brazil isi lambungnya terdapat 102 taxa phytoplankton dan 25 zooplankton. Rata-rata ukuran mangsa 112.7 μm . Diatom memperlihatkan kekayaan lebih besar dengan 88 morphotypa. Hanya cyanophyta dan diatom, dari phytoplankton adalah sangat umum (70%). Secara keseluruhan, phytoplankton juga kelompok sangat yang melimpah (83%), diikuti oleh potongan krustasea (5%). Selanjutnya, meskipun memiliki biovolume yang rendah ($<0.09 \text{ mm}^3 \times 10^{-3}$), phytoplankton memperlihatkan berat biovolume tertinggi (44.5%) (Lira *et al.*, 2009).

Octocorallia dapat memakan berbagai bahan organik partikulat, yang mencakup organisme hidup dan residunya (detritus). Ada juga kemungkinan bahwa Octocorallia menelan dan mencerna virus (femtoplankton, ukuran partikel $<0,2 \mu\text{m}$), mikroba seperti bakteri (cyanobakteri) dan flagellata. Mikroba ini diklasifikasikan sebagai picoplankton, dengan ukuran partikel $0,2\text{-}2 \mu\text{m}$, dan nanoplankton, dengan ukuran $2\text{-}20 \mu\text{m}$. *Dendronephthya* spp., *Paramuricea clavata* dan *Corallium rubrum*, memakan bakteri dan protista. Meskipun bakteri hanya terdiri dari sebagian kecil masukan total karbon, tetapi bisa menjadi sumber utama nitrogen (Wijgerde, 2013).

Dendronephthya hemprichi, *D. sinaiensis*, *Scleronephthya corymbosa* dan *Acabaria* sp. makanan

utama berupa fitoplankton di laboratorium yaitu jenis *Nannochloropsis*, *Isochrysis* dan *Tetraselmis* spp. Kemampuan *Octocorallia* untuk memakan fitoplankton mungkin terkait dengan keberadaan *pinnules* pada tentakelnya, serta adaptasi morfologi dan perilaku untuk hidup dengan aliran air yang kuat. Temuan ini sesuai dengan fakta bahwa mencerna makanan dari karbohidrat (amilase dan laminarinase) telah ditemukan pada karang dari genus *Alcyonium* (Elyakova *et al.*, 1981 dalam Wijgerde, 2013).

Octocorallia bervariasi dalam kemampuannya untuk menangkap dan mempertahankan zooplankton, dan karang lunak yang secara khusus tampak kurang disesuaikan dengan kelas mangsa ini. Misalnya, karang lunak dari genera *Sinularia*, *Sarcophyton*, *Cladiella*, *Nephthea*, *Dendronephthya* dan *Paralemnalia* tidak dapat mempertahankan zooplankton yang lebih besar setelah ditangkap. Misalnya, *Dendronephthya hemprichi* hanya menangkap zooplankton kecil dan lemah, seperti larva bivalvia dan gastropoda, ostracoda, amphipoda, ciliata, polychaeta, dan telur ikan. Benda-benda yang lebih kecil dari 300 μm ditangkap dan diambil dalam waktu 10-20 detik, namun mangsa berukuran 750 μm dan seterusnya hampir tidak tertangkap, dan biasanya terlepas dalam waktu sebentar. Menariknya, saat *Dendronephthya* spp. menangkap zooplankton yang lebih besar, tidak ada tanda-tanda kelelahan bahkan setelah beberapa menit,

Nutrisi Octocorallia

atau saat partikel-partikel ini ditangkap beberapa kali. Tampaknya *Dendronephthya* spp. dan karang lunak lainnya tidak memiliki *cnidocytes* yang cukup berkembang untuk secara efektif melumpuhkan mangsa yang lebih besar. Memang, telah ditemukan bahwa kapsul racun *nematocysts* di dalam *cnidocyte* pada banyak Octocorallia kurang berkembang (Fabricius dan Alderslade 2001 dalam Wijgerde, 2013).

Gorgonian adalah pemakan suspensi pasif, penangkapan mangsanya dipengaruhi oleh distribusi spasial dan temporal mangsa dan gerakan air. *Corallium rubrum* adalah gorgonian khas komunitas sublittoral dari Laut Mediterania. *Particulate Organic Matter* (POM) ditemukan sepanjang tahun pada polip dan merupakan proporsi utama dari makanannya (25-44%). Fragmen krustasea dan copepod (14-46%) menyumbang proporsi besar kedua, sedangkan telur invertebrata (9-15%) dan fitoplankton (8-11%) merupakan bagian terkecil dari makanannya (Tsounis *et al.*, 2005), sedangkan pada gorgonian *Paramuricea clavata* menunjukkan bahwa zooplankton penyumbang penting dari dietnya. Nauplii, telur copepoda, telur invertebrata lainnya, dan mangsa berukuran kecil lainnya (100 sampai 200 μm) dengan motilitas rendah menyumbang 78% dari komponen mangsa lainnya, meskipun copepoda calanoid dewasa (600 sampai 700 μm) juga ditangkap. Jumlah rata-rata mangsa per polyp berkisar 1,2 - 3,3 ekor. Tingkat

penangkapan mangsa sangat tergantung pada kepadatan dan kehadiran mangsa plankton di habitatnya. Puncak tingkat penangkapan mangsa dicatat pada musim semi dan pada akhir musim gugur, sementara tingkat penangkapan mangsa turun secara substansial di musim panas, ketika proporsi koloni dengan polip berkontraksi sangat tinggi. Ada perbedaan yang signifikan dalam tingkat penangkapan mangsa antara koloni, yang dikaitkan dengan perbedaan dalam distribusi spasial zooplankton. Ada juga perbedaan besar dalam tingkat penangkapan mangsa di dalam koloni yang sama. Polip yang terletak di cabang apikal dan periferal menangkap mangsa sebanyak dua kali seperti yang berada di pusat atau di dasar koloni. Diperkirakan populasi yang berada di luar Kepulauan Medes (Mediterrania barat laut) pada kedalaman antara 17 dan 29 m dengan kerapatan rata-rata 32 gorgonians per m², dapat menangkap antara 1,52 X 10⁵ dan 1,06 X 10⁶ jumlah mangsa per m (Coma *et al.*, 1994).

Hal lain yang terkait dengan nutrisi karang batu (Scleractinia) dan karang lunak (Octocorallia) dan cara makannnya dikemukakan oleh Goldberg (2018). Beliau mengemukakan bahwa karang batu (Scleractinia) tropis bergantung pada derajat yang berbeda-beda pada pasangan fotosimbiotiknya (zooxanthellae). Di bawah tingkat normal pada suhu dan intensitas cahaya, fotosimbiotiknya dapat menyediakan sebagian besar

Nutrisi Octocorallia

nutrisi inangnya, tetapi tidak sepenuhnya memenuhi gizi inangnya. Diperlukan nutrisi dari luar atau heterotropi untuk memasok nutrisi penting secara memadai, terutama nitrogen dan fosfor. Karang batu dikenal sebagai predator mesozooplankton, dan sebagian besar menggunakan penangkapan tentakel. Kemampuan menjebak nano dan picoplankton telah dibuktikan oleh beberapa spesies karang dan tampaknya memenuhi sebagian besar kebutuhan metabolisme hariannya. Mekanisme penangkapan kemungkinan melibatkan aktivitas mukosiliar atau pencernaan ekstracoelenterik, tetapi kontribusi relatif dari cara ini belum dievaluasi. Banyak karang menggunakan filamen mesenterial untuk mendapatkan makanan dalam berbagai bentuk, tetapi morfologi fungsional dan aktivitas kimia dari struktur ini telah didokumentasikan dengan kurang bagus. Karang mampu memperoleh nutrisi dari partikel dan bahan organik terlarut, meskipun tingkat ketergantungan pada sumber-sumber ini secara umum belum ditetapkan. Karang spesies tropis, spesies laut dalam dan spesies perairan dingin, dikenal sebagai sumber utama karbon dan nutrisi lain untuk komunitas bentik melalui sekresi lendir, meskipun terdapat variasi komposisi kimia yang luas. Siklus lendir berotasi melalui mikroba planktonik, benthos, dan komunitas mikroba di dalam sedimen. Kesepakatan menunjukkan bahwa fraksi lendir organik terlarut biasanya melebihi bagian yang tidak larut, dan

keduanya berfungsi sebagai sumber untuk pertumbuhan nanoplankton dan picoplankton. Karena banyak karang menggunakan lendir untuk menjebak makanan, sebagian diambil kembali selama makan. Keuntungan atau kerugian bersih belum dievaluasi, meskipun produksi umumnya dianggap melebihi konsumsi. Hal yang sama berlaku untuk pengambilan bersih dan hilangnya bahan organik terlarut oleh sekresi lendir. *Octocorallia* dianggap tidak menggunakan lendir atau filamen mesenterial selama makan dan umumnya bergantung pada filtrasi tentakel dari mesozooplankton yang berenang lemah, partikulat, bahan organik terlarut, dan pikoplankton. Spesies non-simbiotik di daerah tropis lebih menyukai fitoplankton dan zooplankton yang berenang lemah. Karang lunak yang tidak berzooxanthellae adalah pemakan oportunistik dan mengubah pola makan mereka sesuai musim dari fitoplankton dan nanoplankton di musim panas, menjadi bahan organik partikulat (POM) di musim dingin. Spesies perairan dingin lebih menyukai POM, phytodetritus, microplankton, dan zooplankton yang lebih besar bila tersedia.

2. Nutrisi Ototrofik

Nutrisi ototrofik pada *Octocorallia* diperankan oleh mikroalga simbiotiknya. Simbiotik dinoflagellata dari genus *Symbiodinium*, umumnya merujuk ke zooxanthellae, hidup pada sebagian besar karang dunia dan sangat penting untuk

Nutrisi Octocorallia

keberadaan dan baik bagi ekosistem terumbu karang tropis. **Zooxanthellae** (Yunani: Alga hewan kuning coklat) adalah sebuah istilah yang merujuk pada sekelompok dinoflagellata yang berasal dari perubahan evolusi yang berbeda yang terjadi dalam simbiosis dengan invertebrata laut. Dinoflagellata adalah organisme aneh dan kelompok organisme yang menakjubkan: beberapa anggotanya adalah autotrophik (memperoleh sumber energi dari cahaya matahari dan membentuk karbon organik melalui proses fotosintesis. Sementara yang lainnya adalah organisme heterotrop yang mendapatkan sumber energi dari bahan organik melalui pemangsa terhadap organisme lain (Barnes, 1987 dalam Sunarto, 2008).

Gambaran umum dari berbagai sumber makanan yang digunakan oleh hewan karang untuk penyerapan energi dan hara dapat dibagi menjadi sumber internal (ototrofik) dan eksternal (heterotrofik). Sumber internal terdiri dari bakteri pengikat nitrogen, yang mengubah nitrogen terlarut (N_2) menjadi amonia (NH_3), sebuah proses yang disebut diazotropik, dan zooxanthellae, yang mengubah amonia menjadi asam amino dan protein. Sebagai tambahan, zooxanthellae mengubah karbon dioksida (CO_2) menjadi gliserol, glukosa, asam lemak dan asam amino melalui proses yang dikenal sebagai fotosintesis, suatu bentuk autotropik. Sebagian besar senyawa organik ini ditranslokasi ke sel inang karang, yang menggunakan ini terutama untuk memenuhi kebutuhannya (Wijgerde, 2013).

Diyakini bahwa seluruh zooxanthella memiliki spesies yang sama, *Symbiodinium microadriaticum* (Rowan dan Powers, 1991 dalam Sunarto, 2008). Namun akhir-akhir ini zooxanthella berbagai macam karang telah ditemukan tidak kurang dari 10 taxa alga, bahkan ada yang menyatakan telah mencapai 17 taxa alga (Sunarto, 2008). *Symbiodinium microadriaticum* menghuni berbagai inang, termasuk anggota, Protozoa, Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes, dan Mollusca. Penyebarannya sangat luas, dan mungkin yang paling penting, adalah dengan Cnidaria Anthozoa, yaitu karang keras dan karang lunak: fotosintesis zooxanthellae menyediakan makanan yang kaya energi kepada karang (Pasternak *et al.*, 2004). Namun tidak semua Anthozoa mengandung atau memiliki Zooxanthellae, seperti genera *Dendronephtea*, *Rumphella*, *Briarium*, *Muriceopsis*. (Lewis, 1982 dalam Sorokin, 1989), *Dendronephtya hemprichi* (Fabricius *et al.*, 1995), *Dendronephtya sinaiensis* (Grossowicz & Benayahu, 2012).

Octocorallia yang bersimbiosis dengan zooxanthellae antara lain genera *Lobophytum*, *Sarcophyton*, *Sinularia*, *Capnella*, *Lemnalia*, *Isis*, *Juncella*, *Pseudopterogorgia*, *Plexaura*, *Telesto*, *Tubipora* (Lewis, 1982 dalam Sorokin, 1989), *Heteroxenia fuscescens* (Pasternak *et al.*, 2004), dan hampir semua taxa yang hidup pada perairan dangkal, baik pada daerah intertidal maupun pada daerah subtidal yang masih terpenetrasi cahaya matahari yang masih pada intensitas cahaya matahari yang mencukupi *Photosynthetically Active Radiation/PAR* bagi Octocorallia di perairan dangkal tersebut.

Nutrisi Octocorallia

Pengambilalihan dinoflagellata pada Cnidaria laut dilakukan melalui dua jalan utama: (1) vertikal ('sistem tertutup'), di mana karang disediakan sel alga oleh warisan induknya melalui telur atau larva (dalam kasus karang pengeram), atau (2) horizontal (suatu 'sistem terbuka'), di mana karang memperoleh sel-sel alga dari lingkungan sekitar. Sistem terbuka terjadi pada sekitar 85% dari spesies Cnidaria yang memiliki zooxanthellae, termasuk karang keras dan lunak (Yacobovitch 2001).

Pernyataan lain, telur yang dihasilkan oleh karang mungkin berisi zooxanthellae dan mungkin juga tidak. Jika berisi zooxanthellae, kemudian kita dapat menduga bahwa simbiosis-simbiosis yang ada secara genetik sama dengan yang ditemukan dalam koloni induk (simbiosis tertutup). Metode pemindahan ini dikenal sebagai “pemindahan langsung”, “pemindahan maternal” atau “pemindahan vertikal”. Zooxanthellae diduga dipindahkan ke telur melalui perpanjangan sitoplasma dari coral induk (Sunarto, 2008).

Jika telur tidak berisi zooxanthellae, kemudian telur yang dibuahi (suatu “zygote” yang membelah beberapa kali menjadi sebuah larva planula) harus mendapatkannya dari lingkungan. Hal ini memberi bukti terbaik secara tidak langsung bahwa zooxanthellae memiliki kebebasan hidup diluar inangnya. Namun belum diketahui secara pasti bagaimana zooxanthellae yang hidup bebas ini diambil oleh telur. Karena densitas zooxanthellae dalam air tampak rendah, sifat kemotaksis mungkin berperan dalam pergerakan zooxanthellae. Atau

mungkin zooxanthella yang hidup bebas menuju dasar (bentik) dan mampu bergerak perlahan menuju tempat barunya. Hal ini tidak diketahui dengan pasti. Tetapi dapat diduga bahwa simbiosis “terbuka” (pemindahan simbiosis secara “tidak langsung”, pemindahan “lingkungan” atau pemindahan “horizontal”) membuka kemungkinan untuk mendapatkan tipe-tipe zooxanthellae yang bukan didapatkan dari koloni induk (Sunarto, 2008).

Suatu celah kritis dalam pengertian kita tentang asal-usul secara alami simbiosis karang-alga adalah pengabaian kita terhadap apakah koloni karang dewasa (sekedar untuk membedakan dari planula karang yang masih muda/juvenil) dapat memperoleh zooxanthellae yang hidup bebas dari lingkungan. Dapat diduga bahwa pemindahan populasi dari zooxanthellae dalam karang inang secara terus menerus ditukar dengan air laut sekitarnya. Fenomena *coral bleaching* atau pemutihan karang mungkin merupakan suatu mekanisme pemberian kesempatan bagi karang dewasa untuk menukar zooxanthellae dengan yang ada dilingkungan (Muller-Parker dan D’Elia, 1997 dalam Sunarto, 2008).

Karang lunak bangsa Alcyonacea yang mengandung zooxanthellae adalah genera *Alcyonium*, *Lithophyton*, *Lobophytum*, *Sarcophyton*, *Sinularia*, *Capnella*, *Cladiella*, *Lemnalia*, *Paralemnalia* (Sorokin, 1989), sedangkan yang tidak mengandung zooxanthellae adalah genera *Chironephthya*, *Dendronephthya*, *Nephthyigorgia* dan *Scleronephthya* (Grossowicz dan Benayahu, 2012). Genera *Chironephthya*,

Nutrisi Octocorallia

Dendronephthya, Nephthyigorgia dan Scleronephthya hanya mengandalkan pada polip-polip autosoidnya untuk menangkap makanan sekaligus mencernanya. Di Alam pergerakan air yang membawa nutrient dan plankton merupakan komponen penting di dalam kehidupannya, sedangkan di akuarium-akurium laut harus mendapatkan pasokan makanan zooplankton komersil.

Koloni Octocorallia umumnya memiliki warna yang indah. Warna-warna ini dihasilkan oleh sejumlah zooxanthellae yang hidup di dalam jaringan tubuhnya. Zooxanthellae ini menghasilkan pigmen cokelat, kuning, hijau dan sebagainya (Manuputty, 1996). Zooxanthellae ini mulai masuk ke jaringan polip karang lunak pada saat masih berbentuk telur atau larva yang baru lahir (Fitt, 1984 *dalam* Sorokin, 1989). Larva terinfeksi oleh zoospora zooxanthellae yang berenang bebas yang terdapat di dalam air. Infeksi juga terjadi pada saat larva yang baru menempel pada substrat. Polip menarik zooxanthellae yang berenang kedalam rongga mesenteri lewat mulut, kemudian menginfeksinya (Kinzei, 1973 *dalam* Sorokin, 1989).

Selama fotosintesis berlangsung, zooxanthellae memfiksasi sejumlah besar karbon yang dilewatkan pada polip inangnya. Karbon ini sebagian besar dalam bentuk gliserol termasuk didalamnya glukosa dan alanin. Produk kimia ini digunakan oleh polyp untuk menjalankan fungsi metaboliknya atau sebagai pembangun blok-blok dalam rangkaian protein, lemak dan karbohidrat. Zooxanthella juga meningkatkan kemampuan coral dalam menghasilkan kalsium karbonat (Lalli dan Parsons, 1995 *dalam* Sunarto, 2008).

Fiksasi karbon (produktivitas Primer) pada terumbu karang menempatkan ekosistem ini sebagai ekosistem paling produktif (reef flats menghasilkan sekitar 3.5 kgC/m²/tahun, dibandingkan dengan *seagrass beds* dan hutan hujan tropis 2 kgC/m²/tahun dan hutan gugur di daerah temperate 1 kgC/m²/tahun). Sangat ketatnya siklus nutrisi dalam simbiosis terumbu karang menjelaskan mengapa mereka sangat mampu beradaptasi terhadap lingkungan dengan nutrisi yang rendah. Mereka berkompetisi dengan kehidupan benthik dalam memperoleh ruang pada terumbu (dimana terumbu karang sendiri secara aktif membangun seperti berkompetisi satu dengan yang lain). Penambahan jumlah nutrisi pada lingkungan terumbu dapat memiliki pengaruh yang merusak yang mempengaruhi terumbu karang. Tingkat kebutuhan coral pada makanan heterotropik sebagai tambahan karbon yang dipindahkan dari simbiosis bergantung pada bagaimana simbiosis secara aktif berfotosintesis. Jika fotosintesis (P) oleh zooxantella melebihi kebutuhan untuk respirasi (R) baik oleh coral inang maupun zooxanthella (Jika $P: R > 1$) maka coral autotropik penuh dan tidak membutuhkan makanan tambahan. Ketika fotosintesis menurun ($P: R < 1$) karang membutuhkan tambahan sumber makanan. Hasilnya, karang pada perairan dalam membutuhkan makan lebih dibandingkan pada air dangkal (Muller-Parker dan D'Elia, 1997 dalam Sunarto, 2008).

Leletkin (2003) dalam Sunarto (2008), menyatakan bahwa hasil sumbangan energi dalam simbiosis karang-zooxantellae terdiri dari produksi autotrop dari zooxanthellae dan heterotrop

Nutrisi Octocorallia

dari suatu polyp. Pengurangannya berupa ekskresi, respirasi, perkembangan dan pertumbuhan baik pada hewan maupun algae.

Warna koloni cerah dan tidak adanya pigmen berwarna kecokelatan pada polip biasanya menunjukkan karang yang tidak memiliki simbiosis alga coklat keemasan, yang disebut zooxanthellae. Alga ini terletak pada lapisan jaringan gastrodermalnya. Tanpa komponen alga ini, karang ini harus bergantung pada pemenuhan kebutuhan gizinya dari partikel makanan yang diambil dari kolom air yang dikenal sebagai pakan heterotrofik. Nutrisi diperoleh melalui penangkapan mangsa, penyerapan molekul organik melalui lapisan jaringan, disaring dari air dan dipertukarkan dalam rongga lambung, atau dikumpulkan pada jaringan yang mengsekresikan lendir (Janes, 2008).

Simbiosis dengan dinoflagellate Symbiodinium membentuk fondasi komunitas terumbu karang tropis. Fotosintesis Symbiodinium memicu pertumbuhan sejumlah invertebrata laut, termasuk cnidaria seperti karang skleractinia dan Octocorallia (misal, gorgonian dan karang lunak). Karakteristik fotosintesis Symbiodinium antar spesies berbeda antara satu dengan yang lainnya. Sebagai contoh gorgonian Karibia. Pada spesies *Pterogorgia anceps*, *Eunicea tourneforti*, *Pseudoplexaura porosa*, dan *Pseudoplexaura wagneri* yang diteliti oleh Ramsby *et al.* (2014) terdapat perbedaan kepadatan Symbiodinium, klorofil per sel, penyerapan cahaya oleh klorofil a, dan tingkat produksi oksigen fotosintesis. Dua spesies

Pseudoplexaura memiliki densitas Symbiodinium yang lebih tinggi dan klorofil a per sel Symbiodinium namun klorofil lebih rendah merupakan penyerapan spesifik dibandingkan *P. anceps* dan *E. turneforti*. Akibatnya, *P. porosa* dan *P. wagnaari* memiliki tingkat fotosintesis rata-rata tertinggi per cm² namun rata-rata terendah tingkat fotosintesis per sel Symbiodinium atau klorofil a. Kecuali Symbiodinium dari *E. turneforti*, Symbiodinium yang diisolasi tidak berfotosintesis pada tingkat yang sama dengan Symbiodinium di inangnya. Perbedaan kinerja fotosintesis Symbiodinium tidak dapat dikaitkan dengan tipe Symbiodinium. Semua koloni *P. anceps* (n = 9) dan *P. wagnaari* (n = 6), di samping satu *E. turneforti* dan tiga koloni *P. porosa*, yang terkait dengan Symbiodinium tipe B1. Symbiodinium B1 dari keempat spesies gorgonian ini tidak berkelompok dengan garis keturunan B1 Symbiodinium dari karang Skleractinia. Delapan koloni *E. tourneforti* yang tersisa menyimpan Symbiodinium tipe B1L, sementara enam koloni *P. porosa* menyimpan tipe B1i. Memahami simbiosis antara karang gorgonian dan Symbiodinium akan membantu menguraikan mengapa karang gorgonian mendominasi banyak terumbu karang di Karibia.

BAB VIII

BUDIDAYA DAN TRANSPLANTASI

1. Prospek Budidaya Karang Lunak

Lebih dari 1500 spesies hewan dan tumbuhan air yang dijual di seluruh dunia, yang sekitar 80% bisa dibudidayakan (Winfree, 1989). Jumlah nilai industri ritel akuarium dunia pada tahun 1995 diperkirakan antara 4 sampai 15 miliar \$ AS (Corbin dan Young, 1995) dengan penjualan tumbuhan dan hewan saja diperkirakan 900 juta \$ AS (Bassleer, 1994). Amerika Serikat, Jepang dan negara-negara anggota dari Uni Eropa saat ini adalah importir terbesar di dunia dan merupakan konsumen hewan akuarium.

Spesies laut hanya mencapai 9% dari volume perdagangan hewan peliharaan akuarium namun karena nilai tinggi mewakili 20% dari pendapatan perdagangan hewan (Bassleer, 1994). Diperkirakan bahwa terdapat 10-20 juta penggemar akuarium di Amerika Serikat saja (Winfree, 1989). Penggemar tersebut memiliki akuarium laut di rumahnya, yang disebut "*Reef Tank*" yang berisi karang hidup, dan merupakan sektor yang berkembang pesat dari industri akuarium. Ekspansi ini terutama disebabkan permintaan masyarakat yang meningkat dan akses ke lingkungan laut tropis yang cukup besar (Puterbaugh dan Borneman, 1996). Selain itu, teknologi akuarium telah meningkat pesat sehingga meningkatkan tingkat

keberhasilan untuk penggemar akuarium laut, dan memungkinkan peningkatan jumlah spesies laut untuk disimpan dalam akuarium (Gomes, 1996).

Karang lunak saat ini dibudidayakan hampir secara eksklusif untuk perdagangan akuarium air laut. Namun, bahan kimia yang unik yang ditemukan pada karang lunak mungkin terbukti memiliki nilai sebagai obat. Penggemar akuarium telah mempropagasi/memfragmentasi karang lunak pada skala kecil untuk beberapa tahun sekarang ini, namun dengan produksi yang terbatas.

Kasus untuk budidaya karang lunak dalam skala besar jika dibandingkan dengan mengumpulkannya dari alam adalah murni salah satu kegiatan konservasi terhadap ekonomi. Tingginya nilai komersial ikan laut tropis dan invertebrata kadang-kadang telah menyebabkan eksploitasi hewan karang yang kejam di negara-negara maju dan berkembang. Fakta ini, dalam hubungannya dengan meningkatnya perhatian dampak negatif dari kegiatan seperti pembalakan, pengerukan, pengeboran minyak, pemukiman penduduk dan praktek penangkapan ikan yang merusak, telah menyebabkan kecenderungan pengaturan perlindungan bagi terumbu karang di seluruh dunia. Banyak negara tropis di Atlantik dan di Pasifik yang memiliki terumbu karang, sekarang telah dilarang atau pembatasan pengumpulan spesimen akuarium dari perairannya (Heslinga, 1995) dan mendorong kegiatan budidaya yang berkelanjutan (Young, 1997).

Budidaya Karang Lunak

Selain pengaturan pembatasan, juga telah menjadi kesadaran global beberapa tahun terakhir pada eksploitasi dari terumbu karang yang berlebihan di seluruh daerah tropis. Banyak pembeli hewan terumbu untuk akuarium termasuk juga penyelam, konservasionis dan naturalis yang ingin melindungi lingkungan alam. Sikap konservasi ini telah memberikan pasar untuk hewan terumbu yang dibudidayakan, sambil menawarkan alternatif ekonomi yang layak untuk pengumpulan spesimen dari kehidupan liar.

2. Persyaratan Lingkungan

Banyak spesies karang lunak, terutama pada genera *Sarcophyton*, *Lobophytum*, *Sinularia*, dan *Cladiella*, sangat kuat dan menunjukkan perilaku oportunistik, sering menghuni area terumbu karang marginal. Beberapa genera tersebut juga merupakan hewan pioner pada daerah terumbu yang terkena polusi atau kerusakan (Wilkens dan Birkholz, 1992). Kondisi lingkungan pada suatu ratahan terumbu yang dihuni oleh karang lunak dilaporkan oleh Wilkens dan Birkholz (1992) bervariasi cukup dramatis dalam satu hari. Suhu bervariasi 24.2 – 35.5 °C, pH 8.35 – 8.45, dan intensitas cahaya meningkat sampai 26.000 lux. Karang lunak dapat melindungi diri dari kondisi yang merugikan dengan menarik tentakel polip ke dalam rongga tubuh dan menyusutkan massa tubuhnya untuk sepertiga dari ukuran tubuhnya dengan mengeluarkan air. Kemampuan ini membuktikan bahwa karang lunak mampu menahan lingkungan yang kondisinya fluktuatif. Kemampuannya menyusutkan dan

meningkatkan biomassa tubuhnya dan juga menjulurkan atau menarik polipnya kembali membuatnya dapat bertahan pada kondisi perairan yang dinamis pada akuarium laut.

Meskipun karang lunak sering terdapat pada habitat marginal tetapi adalah penting untuk hidup pada lingkungan perairan yang bersih, tidak tercemar oleh polutan pertanian sehingga membuat pertumbuhan dan kelangsungan hidup optimal. Suhu air harus berkisar 25-30 °C, salinitas 32-35 ppt dan pH harus berkisar 8,1-8,5. Karena sinar matahari sangat penting untuk mempertahankan zooxanthelle, kedalaman air untuk karang lunak dapat berfotosintesis tidak boleh melebihi 10-15 meter. Siltasi atau kekeruhan yang rengah dapat ditoleransi oleh beberapa spesies karang lunak.

3. Faktor yang Mendukung Budidaya Karang Lunak

- a. Karang lunak muncul dalam berbagai warna dan bentuk yang membuatnya menarik untuk dimasukkan ke dalam sebuah akuarium laut. Selain itu, karang lunak memiliki kemampuan untuk terus mengubah bentuk dengan melebarkan atau menyusutkan tubuhnya, dan juga menarik atau menjulurkan polipnya. Sehingga sangat cocok pada lingkungan akuarium laut yang memerlukan aspek dinamisasi.
- b. Karang lunak yang paling umum dibudidayakan adalah yang fotosintetik dan tidak harus makan. Karang lunak lebih mudah untuk bertahan dalam akuarium jika dibandingkan dengan kerabatnya yang non-fotosintetik,

Budidaya Karang Lunak

yang harus diberi makan. Dengan pencahayaan yang tepat dan minim nutrisi terlarut, karang lunak dapat berkembang selama bertahun-tahun di sebuah akuarium di dalam rumah.

- c. Ketahanan yang diperlihatkan oleh banyak spesies karang lunak dapat meningkatkan potensinya sebagai karang budidaya, karena kemampuannya untuk bertahan hidup menghadapi tekanan selama pemeliharaan dan pengiriman. Selain itu, hewan-hewan ini dapat bertahan hidup dengan baik pada akuarium laut, sehingga membuat spesimennya sangat baik untuk bagi pemula.
- d. Bentuk primer reproduksi karang lunak adalah kloning (pertunasan aseksual). Peternak telah mengembangkan teknik fragmentasi di mana fragmen karang lunak dipindahkan dan diambil dari koloni induknya untuk membentuk koloni baru.
- e. Waktu penyembuhan relatif cepat dan tingkat pertumbuhan yang tinggi pada karang lunak yang dibudidayakan memungkinkan waktu panen hanya 4 sampai 12 bulan. Hal ini dapat sangat menguntungkan bagi para petani yang memungkinkan perputaran persediaan yang tinggi dan pengembalian investasi lebih cepat.
- f. Karang lunak memiliki nilai yang tinggi per satuan beratnya, yang membuat biaya pengirimannya efektif dari daerah-daerah terpencil, seperti dari Kepulauan

Pasifik, di mana angkutan udara mahal dan ruang kargo sering terbatas.

- g. Pada saat dipublikasikan, sangat sedikit dari genera pada Ordo Alcyonacea terdaftar pada Konvensi Perdagangan Internasional Spesies yang Terancam Punah (CITES). Hal ini menghilangkan kebutuhan untuk memperoleh izin tertentu dan pemeriksaan, sehingga biaya perizinan yang mahal tidak dibutuhkan.
- h. Budidaya karang lunak tidak perlu menjadi pekerjaan penuh-waktu. Setelah fragmen dipotong dan berhasil ditanam, karang lunak membutuhkan waktu perawatan sangat sedikit sampai panen. Modal awal untuk biaya budidaya karang lunak umumnya cukup rendah

4. Teknik Propagasi Karang Lunak

Karang dapat ditumbuhkan secara aseksual dari fragmen, dan metode ini adalah yang paling umum. Secara eksperimen, sebuah polip bahkan dapat menghasilkan sebuah koloni melalui budidaya ex situ. Walaupun begitu, kebanyakan kegiatan restorasi menggunakan fragmen yang besar (ukuran 3-10 cm) karena dapat dibudidayakan secara in situ di kolom air atau dasaran dengan biaya yang terjangkau. Teknologi yang dibutuhkan juga dapat dilakukan dalam kegiatan berbasis masyarakat skala kecil dengan pengawasan dari tim ahli yang berpengalaman. Tujuan dari budidaya aseksual adalah: 1) untuk memaksimalkan manfaat dari sejumlah bahan dasar dan meminimalkan kerusakan kawasan donor, 2) untuk

Budidaya Karang Lunak

menumbuhkan fragmen menjadi koloni kecil dengan kesintasan yang lebih tinggi jika dibandingkan fragmen kecil yang ditransplantasi langsung ke terumbu, dan 3) untuk menyediakan stok karang-karang kecil yang siap ditransplantasi jika terjadi kerusakan mendadak seperti dampak tertabrak kapal (Edwards dan Gomez, 2007).

Keuntungan utama dari pembibitan adalah dapat terbentuk ratusan koloni kecil dari satu fragmen. Pengorbanan waktu dan tenaga kerja dibutuhkan menyiapkan kawasan pembibitan, mengumpulkan fragmen untuk membiayai persiapan kawasan pembibitan, pengumpulan fragmen, menempelkan fragmen pada substrat, dan menjaga kelangsungan hidupnya hingga siap ditransplantasi. Kegiatan pembibitan ini akan banyak menyita waktu karena meliputi berbagai kegiatan seperti membersihkan fragmen dari alga, biota pengotor lainnya, atau pemangsa karang seperti keong *Drupella*. Semakin kecil fragmen yang digunakan maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk budidaya sebelum dilakukan transplantasi dan kondisi di tempat pembibitan harus sangat sesuai sehingga kesintasan dapat tinggi. fragmen untuk jenis-jenis yang berukuran 3 cm dapat membutuhkan waktu 9 -12 bulan untuk membentuk koloni seukuran kepalan tangan. Akan tetapi, saat ini belum diketahui perbandingan antara ukuran dan kesintasan untuk mengetahui berapa lama waktu budidaya yang sesuai. Kemungkinan, hal tersebut bergantung kepada jenis yang digunakan dan kondisi lokasi kawasan yang telah rusak.

Kawasan donor harus mirip dengan kawasan yang akan ditransplantasi, terutama kondisi lingkungannya, sehingga kondisi kawasan pembibitan juga harus sesuai. Pengalaman menunjukkan jika kondisi kawasan pembibitan berbeda dari kondisi kawasan donor, kesintasan akan rendah, kecuali kondisi lebih baik (sedimentasi lebih rendah, kecerahan lebih tinggi, dll.) dari kawasan donor, maka karang dapat hidup lebih baik. Akan tetapi, masih tidak jelas apa yang terjadi jika koloni hasil budidaya dikembalikan ke lingkungan yang lebih keras yang ada di terumbu yang rusak. Kawasan pembibitan membutuhkan perlindungan dari arus dan gelombang yang kuat, yang merupakan kondisi umum kawasan terumbu karang, sehingga kawasan pembibitan sering berada di luar terumbu karang, tetapi masih memiliki kondisi yang mendukung kesintasan dan pertumbuhan karang.

Membuat ratusan koloni klon dari sebuah koloni dapat berguna untuk pekerjaan eksperimental, tetapi untuk kegiatan restorasi yang sesungguhnya keanekaragaman genetik harus dipertimbangkan. Pengambilan fragmen dari “karang kesempatan” (fragmen karang yang lepas dan bertebaran di terumbu) atau mengambil 10% atau kurang dari berbagai koloni donor adalah salah satu cara untuk mempertahankan variasi genetik pada bibit transplantasi. Bahkan jika kondisi memungkinkan untuk mengidentifikasi genotipe yang tahan terhadap pemutihan atau tekanan lainnya, maka budidaya secara aseksual dapat menghasilkan banyak stok untuk strain tersebut. Hingga saat ini telah tersedia beberapa contoh

Budidaya Karang Lunak

pembibitan yang dapat menghasilkan ribuan koloni dengan kesintasan yang baik (sering melebihi 90% dalam 6 bulan) baik di tengah laut atau di dasar laut. Oleh sebab itu, budidaya karang secara aseksual dianggap memiliki potensi yang besar seperti silvikultur pada pembibitan untuk mendukung penghutanan kembali. Akan tetapi, langkah selanjutnya, yaitu kesuksesan transplantasi koloni hasil pembibitan ke terumbu yang rusak dan kesintasannya dalam jangka panjang, belum terbukti dalam skala besar (0,1-1 Ha) dan masih dalam penelitian (Edwards dan Gomez, 2007).

Menurut Anonim (2013, <http://www.tidalgardens.com>) langkah-langkah teknik propagasi karang lunak adalah sebagai berikut:

- **Langkah 1: Memilih karang lunak yang tepat untuk propagasi**

Keberhasilan propagasi tergantung banyak pada seleksi awal dari karang untuk difragmentasi. Setelah menetapkan karang yang tepat untuk propagasi. Selanjutnya memilih spesimen yang sehat (Gambar 154). Karang lunak yang stres atau terinfeksi bukanlah calon yang baik karena dapat dengan mudah terinfeksi setelah dipotong.



Gambar 154. Spesimen karang lunak yang sehat

- **Langkah 2: Kumpulkan bahan dan alat yang diperlukan**

Bahan dan alat yang dibutuhkan adalah yang hanya untuk kegiatan ini, bukan yang telah digunakan untuk aplikasi lainnya, seperti bahan dan peralatan rumah tangga. Hal ini dimaksudkan agar tidak terkontaminasi. Bahan dan alat tersebut adalah: (a) sepasang bersih gunting atau pisau cukur, (b) sebuah baskom, (c) substrat (sepotong *live coral*, konektor semen, dll), (d) karet gelang dan gel lem super, dan (e) kain handuk bersih.

- **Langkah 3: Pemotongan karang**

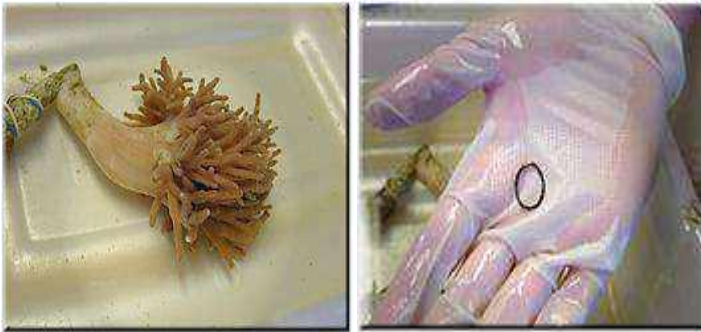
Pertama ambil karang dan tempatkan dalam wadah baskom yang berisi air, dan potonglah dengan ukuran tertentu (Gambar 134). Setelah dipotong ukurannya, biasanya mengerut. Hal ini terjadi karena cairannya keluar (misalnya genus *Nephtea*) dan juga karena mengalami stress



Gambar 155. Pemotongan fragmen karang lunak dari induk

- **Langkah 4: Pelekatan fragmen ke substrat**

Pada saat ini, keringkan fragmen, dan berikan beberapa tetes lem super gel pada dasarnya. Tempatkan fragmen pada substrat sehingga terlem pada substrat. Setelah menempel, ikat fragmen dengan karet gelang agar pelekatannya lebih kuat ke substrat dan tidak mudah terlepas (Gambar 156). Diperhatikan agar tekanan karet gelang terhadap fragmen tidak terlalu keras agar tidak terpotong akibat tekanan.



Gambar 156. Pelekatan fragmen pada substrat menggunakan lem dan karet gelang

- **Langkah 5: Menempatkan koloni induk dan fragmen ke akuarium**

Setelah koloni induk telah berhenti memproduksi jumlah berlebihan lendir. Angkat koloni induk dari wadah baskom dan tempatkan kembali ke dalam tangki sistem sirkulasi airnya memadai. Saat ini sangat penting untuk menghilangkan lendir berlebih dan membantu proses regeneratif. Buang air dalam wadah Tupperware. Tempatkan fragmen di lokasi di mana ia akan menerima aliran air yang moderat. Aliran yang kuat dapat menghilangkan fragmen meskipun telah dilem dan diberi karet gelang. Setelah satu atau dua minggu, fragmen sudah harus melekat pada substrat dan dapat dipindahkan ke wadah yang aliran airnya lebih tinggi.

Budidaya Karang Lunak

Pembesaran dan pemeliharaan fragmen sampai panen jika untuk tujuan perdagangan dapat dilakukan pada skala akuarium atau bak-bak ukuran tertentu dengan sistem resirkulasi dan air mengalir, sedangkan untuk skala lapang, fragmen umumnya di tempatkan pada meja atau keranjang budidaya. Sebelum fragmen tersebut di letakkan pada meja atau keranjang budidaya, fragmen tersebut dilekatkan pada substrat tertentu, seperti kerangka karang mati, substrat artificial, misalnya semen, gerabah dan substrat keras lainnya.

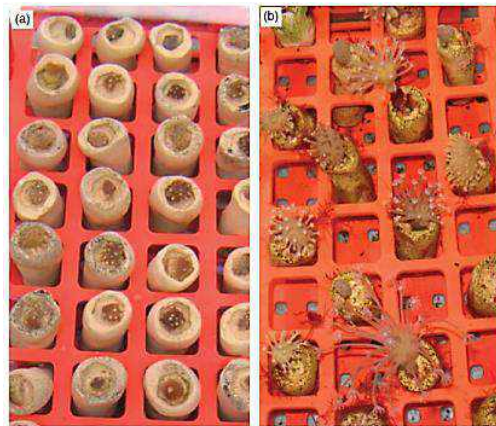
5. Metode Transplantasi

Metode transplantasi pada karang lunak relative berbeda dengan karang batu. Hal ini disebabkan oleh perbedaan karakter koloninya. Karang lunak umumnya lunak karena tidak memiliki eksoskeleton, sedangkan karang batu umumnya keras, karena memiliki eksoskeleton.

Penempelan fragmen buatan pada substrat baru dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti menggunakan *underwater epoxy* yang berfungsi sebagai perekat ke substrat. Cara lain adalah dengan menggunakan lem *cyanoacrylate*, lem tembak (*hot melt*), yaitu lem yang menggunakan pistol pemanas listrik (Sandy, 2000), *super glue gel*, yaitu lem yang digunakan di dalam air. Lem ini telah digunakan pada 175 jenis, baik karang lunak maupun karang batu yang dilakukan dalam skala akuarium (Headlee, 1997 dalam Sandy, 2000).

Sella dan Benayahu (2010) telah melakukan percobaan transplantasi karang menggunakan stubs keramik, pipa PVC, dan

perekat cyanoacrylate. Hasil percobaannya menunjukkan bahwa fragmen dari *S. glaucum* beregenerasi dan mencapai struktur koloni juvenil tumbuh alami dengan morfologi berbentuk jamur (Gambar 157). Antara hari 5 dan 18 dari percobaan, fragmen yang awalnya berbentuk persegi panjang menjadi bulat dan rekonstruksi alami koloni terjadi. Setelah 30-37 hari tangkai atau batang koloni berkembang dan akhirnya menjadi bentuk koloni yang khas dari *S. glaucum*

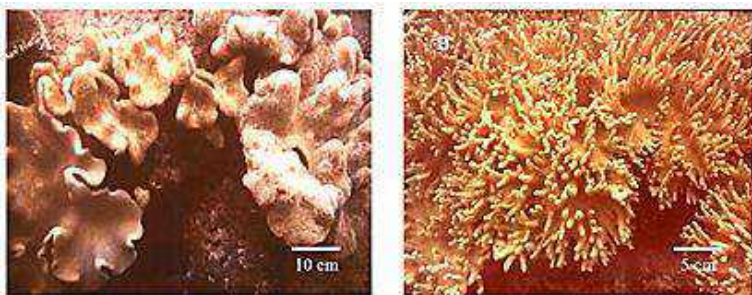


Gambar 157. Pemeliharaan stek *Sarcophyton glaucum* pada air laut sistem tertutup: (a) fragmen ukuran 36 mm² dilekatkan pada stubs keramik dengan perekat cyanoacrylate, dan ditempatkan dalam pipa PVC sebagai tempat pelekatan (hari pertama percobaan) dan (b) Fragmen pada hari ke-60.

Budidaya Karang Lunak

Penelitian lainnya tentang transplantasi karang lunak dari Ordo Alcyonacea telah dilakukan oleh Haris (2001) di Pulau Pari Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. Prosedur metode transplantasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

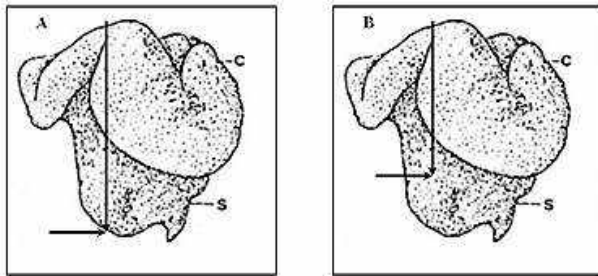
- Sampel karang lunak yang dijadikan hewan uji penelitian diambil di sekitar Pulau Pari. Karang lunak yang diteliti terdiri dari dua jenis, yaitu *Sarcophyton trocheliophorum* (Gambar 158A) dan *Lobophytum strictum* (Gambar 158B).



Gambar 158. Karang Lunak Jenis *Sarcophyton trocheliophorum* Von Marenzeller (A) dan *Lobophytum strictum* Tixier-Durivault (B). (Foto: A.E.W. Manuputty)

- Masing-masing fragmen sampel dari tubuh induk diambil dengan menggunakan pisau dengan dua cara pemotongan. Pertama secara transversal-basal (Gambar 159A), yaitu mulai dari bagian atas kapitulium sampai ke bagian basal. Kedua secara transversal-median (Gambar 159B), yaitu mulai dari bagian atas kapitulium sampai ke

bagian *stalk* (tidak sampai pada bagian basal). Bentuk dan ukuran fragmen karang lunak dari kedua cara potong tersebut relatif sama untuk masing-masing jenis karang lunak yang bakal dijadikan fragmen buatan.

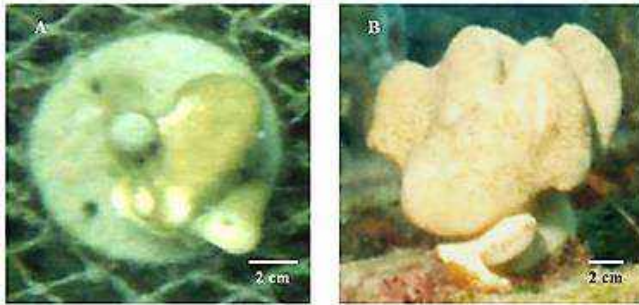


Gambar 159. Cara Pemotongan Transversal-Basal (A) dan Cara Pemotongan Transversal-Median (B). Keterangan: → = Arah Pemotongan Fragmen Buatan; c = Kapikulum; s = Tangkai (*Stalk*)

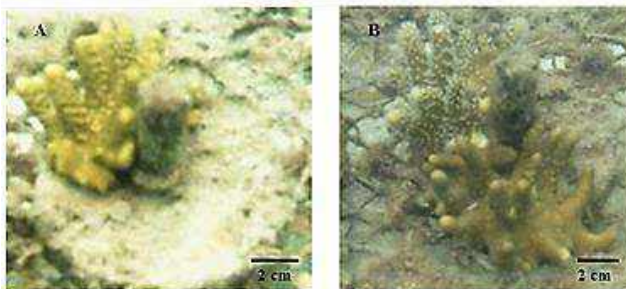
- Kemudian fragmen tersebut dilekatkan atau ditempelkan pada substrat semen yang bertonggak (Gambar 160 dan 161)
- Tonggak ini sebagai tempat untuk mengikat fragmen buatan karang lunak pada substrat, supaya posisi fragmen buatan tersebut menjadi kuat dan tidak mudah lepas oleh hempasan gelombang, arus dan predator. Setelah itu substrat semen yang telah dilekatkan fragmen buatan

Budidaya Karang Lunak

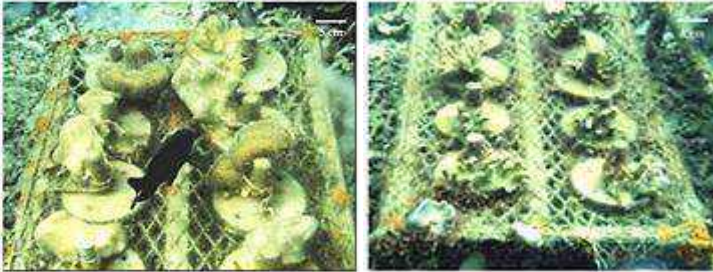
karang lunak diikat pada jaring yang berkerangka besi (Gambar 162).



Gambar 160. Transplantasi Karang Lunak Jenis *Sarcophyton trocheliophorum* Von Marenzeller yang Berumur 2 Bulan (A) dan 4 Bulan (B)



Gambar 161. Transplantasi Karang Lunak Jenis *Lobophytum strictum* Tixier-Durivault yang Berumur 2 Bulan (A) dan 4 Bulan (B)



Gambar 162. Fragmen Buatn Karang Lunak Jenis *Sarcophyton trocheliophorum* dan *Lobophytum strictum* yang Dilekatkan pada Substrat Semen dan Diikat pada Jaring Berkerangka Besi (Keterangan: Umur Hewan Uji 2 Bulan).

Metode transplantasi karang lunak lainnya juga telah dilakukan oleh Nugroho (2008). Secara garis besar tahapan prosedur metode transplantasinya adalah sebagai berikut:

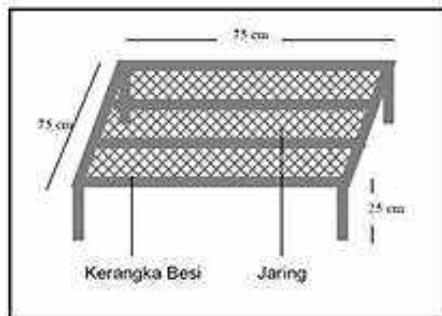
- a. Pembuatan substrat yang berfungsi sebagai media menempelnya karang lunak (Gambar 142). Bagian dasar dari media penempelan terbuat dari semen, di bagian tengahnya diletakkan paralon secara tegak lurus sebagai tempat pengikatan karang lunak yang ditransplantasikan.
- b. Pembuatan rak transplantasi (Gambar 163 dan 164) yang berfungsi sebagai tempat meletakkan substrat. Rak transplantasi terbuat dari bahan besi yang dicat untuk mencegah korosi. Rak ini berukuran 75x75 cm² dengan

Budidaya Karang Lunak

tinggi kaki rak 25 cm. Bagian atas rak diikatkan jaring untuk mempermudah mengikat substrat pada rak.

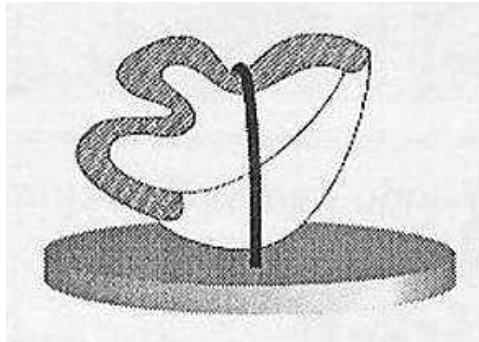


Gambar 163. Ilustrasi media penempelan karang lunak (substrat).



Gambar 164. Ilustrasi rak transplantasi

- c. Penempatan substrat pada rak transplantasi. Ada 15 buah pada masing-masing rak, yang diatur sedemikian rupa sehingga tertata dengan rapi
- d. Pemasangan rak transplantasi di lokasi yang telah ditentukan. Rak dipasang (Gambar 166) pada kedalaman 3 dan 10 meter
- e. Pemotongan fragmen karang lunak sebanyak 15 fragmen untuk setiap jenis karang lunak, kemudian ditempelkan pada substrat yang telah disediakan (Gambar 165). Penempelan karang lunak pada substrat adalah dengan cara diikat menggunakan kabel *ties*. Karang lunak yang ditransplantasikan dipotong-potong sebesar 5-7 cm².



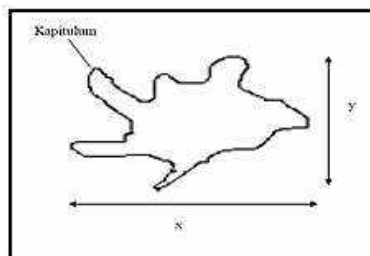
Gambar 165. Ilustrasi penempelan karang lunak pada substrat

Budidaya Karang Lunak



Gambar 166. Rak transplantasi dan karang lunak yang ditransplantasi

- f. Tahap terakhir adalah dilakukannya pengamatan perkembangan fragmen karang lunak yang terluka. Pengamatan ini terdiri atas pengukuran pertumbuhan (Gambar 167), (pertambahan lingkaran vertikal dan lingkaran horizontal, dan pengukuran parameter lingkungan



Gambar 167. Ilustrasi pengukuran pertumbuhan

BAB IX

BAHAN ALAM

DARI KARANG LUNAK

1. Pengertian Bahan Alam

Bahan alam atau produk alami atau *Natural Products* adalah metabolit sekunder dari berbagai bahan sumber termasuk tanaman terestrial, mikroorganisme terestrial, organisme laut dan mikroorganisme laut. Senyawa ini biasanya memiliki berat molekul kurang dari 2000 amu. Contoh metabolit sekunder adalah alkaloid, flavonoid, coumarin, glikosida, lignin, steroid, terpenoid dan banyak lagi. Mereka dapat diperoleh setelah sejumlah proses yang sesuai yaitu ekstraksi, fraksinasi dan isolasi (Sarker *et al.*, 2006 *dalam* Zhen, 2014).

Selama ribuan tahun, produk alami telah memainkan peran penting dalam mengobati dan mencegah penyakit manusia. Kontribusi produk alami dibuktikan oleh sekitar 75% obat untuk penyakit menular dan 60% senyawa anti kanker adalah produk alami atau turunan produk alami. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia, sekitar dua pertiga dari tiga perempat populasi dunia bergantung pada tanaman obat untuk perawatan farmasi utamanya (McChesney *et al.*, 2007).

Natural Products dikelompokkan atas: (1) sumber biokimia yang mudah untuk mendapatkannya dalam jumlah yang besar dan barangkali dapat dirubah ke bahan-bahan yang

Bahan Alam Dari Octocorallia

lebih berharga; (2) senyawa bioaktif yang termasuk (a) senyawa antimikroba, (b) senyawa aktif secara fisiologi (sinyal kimia) seperti pheromone, synomone, allelochemic (allomone dan kairomone), dan senyawa biofouling, (c) senyawa aktif secara farmakologi, dan (d) senyawa sitotoksik dan antitumor; (3) Racun laut (*marine toxins*) (Kobayashi dan Rachmaniar, 1998).

Senyawa bioaktif adalah senyawa kimia aktif yang dihasilkan oleh organisme melalui jalur biosintetik metabolit sekunder. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh karang lunak memiliki keragaman yang tinggi dan struktur kimia yang unik (Khatib *et al.*, 2008 dalam Hardiningtyas, 2009). Metabolit sekunder atau sering disebut *natural product* diproduksi oleh organisme pada saat kebutuhan metabolisme primer sudah terpenuhi dan digunakan dalam mekanisme evolusi atau strategi adaptasi lingkungan (fungsi penting dalam ekologi). Tingginya keanekaragaman organisme laut dan pengaruh lingkungan laut, seperti kadar garam, rendahnya intensitas cahaya, adanya arus maupun kompetisi yang kuat sehingga mendorong organisme laut menghasilkan metabolit sekunder yang mempunyai struktur kimia relatif berbeda dengan organisme darat (Muniarsih, 2005 dalam Hardiningtyas, 2009).

2. Kandungan Senyawa dari Karang Lunak

Kelas terbesar cnidaria, Anthozoa, hampir satu-satunya bertanggung jawab untuk memproduksi produk alami (*Natural products*) yang diisolasi dari filum ini dengan lebih dari 80% senyawa diidentifikasi berasal dari subkelas Octocorallia. Banyak

metabolit sekunder ini telah diselidiki metabolisme sekundernya memiliki peran ekologi dalam memberi pencegahan makan (*feeding deterrents*), allelopathy, dan antifouling, memberikan bukti bioaktivitas yang luas. Hal ini menyebabkan banyak peneliti mempelajari potensinya untuk menemukan obat; Namun, mayoritas senyawa kimia yang dihasilkan oleh Octocorallia berasal dari perairan dangkal tropis dan hanya sedikit dari perairan dingin yang lebih dalam (> 100 m) (Salm *et al.*, 2014). Hampir 98% metabolit dilaporkan berasal dari Filum Cnidaria dari Kelas paling besar, Kelas Anthozoa. Subkelas Octocorallia mencapai 87% dari semua senyawa Filum Cnidaria. Terpenoid mendominasi senyawa dari Octocorallia, yang mencapai 92% metabolit yang dilaporkan. Ordo Alcyonacea mencapai separuh dari metabolit di dalam Subkelas Octocorallia. Terutama famili-famili yang kaya metabolit termasuk Famili Alcyoniidae dan Xeniidae. Gorgonacea adalah terkaya kedua dari Ordo Octocorallia yang banyak mengandung metabolit, dengan dua famili, Gorgoniidae dan Plexauridae, yang mencapai separuh metabolite di dalam Ordo Gorgonacea. Tiga ordo sisanya adalah Ordo Stolonifera, Pennatulacea, dan Helioporacea, juga memperlihatkan jumlah yang lebih besar senyawa kimia isoprenoid (Harper *et al.*, 2001).

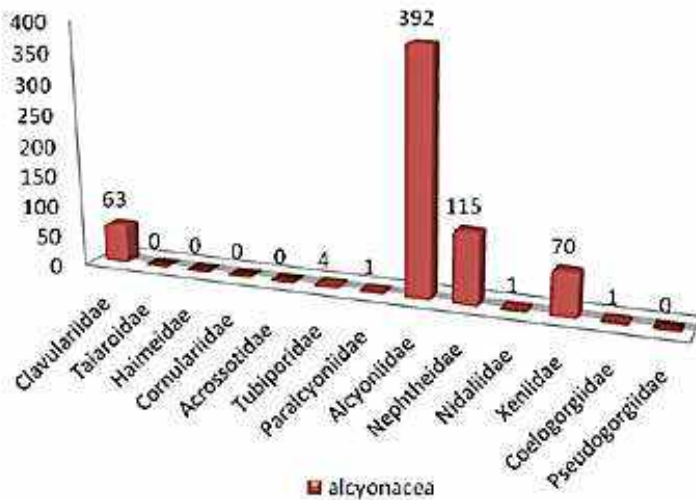
Keberadaan senyawa yang dikandung oleh Octocorallia sangat dipengaruhi oleh lingkungannya, dan dihasilkan oleh tekanan evolusi dari interaksi-interaksi biologi di lingkungannya, baik dalam memperebutkan ruang hidup maupun memperebutkan sumber daya yang ada. Interaksi biologi

Bahan Alam Dari Octocorallia

tersebut seperti predasi, mutualisme, komensalisme, parasitisme, dan epibiosis. Semakin tinggi jumlah interaksi biologis dalam suatu lingkungan, maka semakin tinggi pula keanekaragaman jenis senyawa yang dikandung oleh organisme yang hidup di dalamnya. Hal ini pula yang mengakibatkan uniknya struktur senyawa kimia yang dikandung oleh biota-biota laut, yang sangat berbeda dengan organisme daratan secara umum.

Menurut Putra (2011) yang telah melakukan sebuah bibliografi untuk mempelajari tentang metabolit sekunder yang diisolasi dari karang lunak, yang menggunakan SciFinder[®] database, telah mengumpulkan semua publikasi ilmiah yang berhubungan dengan isolasi (dan sintesis) senyawa kimia. Pencarian telah dilakukan pada 13 Famili (terbagi dalam 36 genera) karang lunak. Semua publikasi yang menggambarkan isolasi setidaknya satu senyawa baru dari sumber ini (Gambar 168) telah dimasukkan dalam pencarian. Sebagaimana yang terlihat pada Gambar 168, Famili yang telah menjadi objek dari jumlah terbesar dari pencarian adalah Alcyoniidae, Nephteidae dan Xeniidae. Hasil ini tidak mengherankan, karena ini juga merupakan famili yang memiliki spesies terbesar.

Pencarian publikasi yang telah dilakukan oleh Putra (2011) sejak November 2010, telah mendapatkan 636 makalah tentang isolasi senyawa baru dari karang lunak. Gambar 169 menunjukkan distribusi molekul terisolasi sesuai dengan struktur dan asal biogenetis. Diterpenes dan sterol merupakan senyawa utama yang diisolasi dari karang lunak (Alcyonacea).

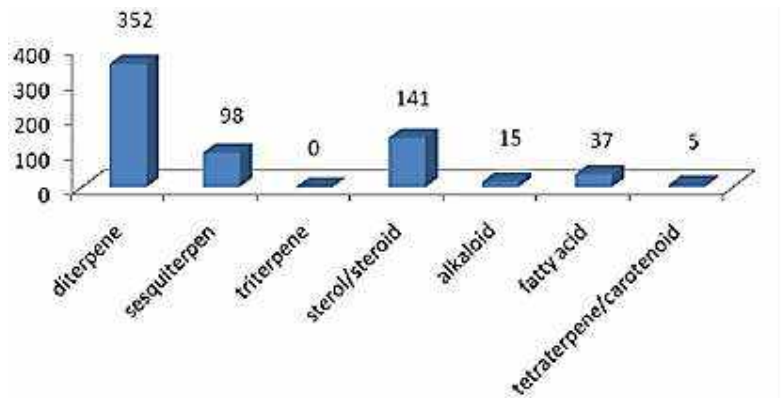


Gambar 168. Jumlah publikasi yang menggambarkan isolasi senyawa baru dari Alcyonaceae

Karang lunak merupakan sumber yang kaya akan senyawa bioaktif seperti *terpenoid*, *steroid*, dan *steroid glikosida*. Hasil penelitian terakhir menyebutkan bahwa sekitar 50 % ekstrak karang lunak menunjukkan sifat racun pada ikan, selain itu banyak metabolit sekunder yang dihasilkan oleh karang lunak memiliki aktivitas biologi seperti antifungal, sitotoksik, antineoplastik, inhibitor HIV, dan anti-inflamtori (Radhika, 2006 dalam Priyatmoko, 2008). Ada banyak laporan yang mendokumentasikan keragaman metabolit sekunder yang dihasilkan oleh karang lunak. Karang lunak dari genus *Sinularia* saja telah didapatkan metabolit sekunder seperti sesquiterpen,

Bahan Alam Dari *Octocorallia*

diterpen, cembranoid, steroid polihidroksilasi, glikosida, sphingosines, farnesyl quinol, dan polyamines. Metabolit ini telah terbukti memiliki berbagai aktivitas biologis termasuk antimikroba, antivirus, anti-inflamasi, sitotoksik, antikanker, antifouling, antifeedant, dan aktivitas allelopathic. Dengan keragaman struktur kimia dan aktivitas biologis yang luas ini, tidak mengherankan bahwa karang lunak, yang tidak memiliki kerangka berkapur yang keras dan hanya memiliki endoskeleton berupa skelerit, relatif dapat bertahan dengan baik terhadap pemangsa dan merupakan pesaing yang efektif untuk berkompetisi ruang di terumbu karang. Akibatnya, karang lunak tetap menjadi target yang menarik untuk penemuan metabolit bioaktif baru (Wright *et al.*, 2012).



Gambar 169. Distribusi molekul terisolasi dari Alcyonaceae menurut asal biosintetiknya

3. Senyawa Antibakteri pada Karang Lunak

Penggolongan senyawa kimia pada karang lunak sangat bervariasi, yaitu terdiri dari terpenoid, racun lipoid dan bahan bioaktif, termasuk metabolit-metabolit aktif yang ekstrim seperti prostagladin. Antibakteria dari *Octocorallia* telah ditemukan dan telah diujicobakan pada pembiakan murni bakteri pada lempengan agar (Burkholder, 1973 dalam Sorokin, 1992). Terpenoid yang dihasilkan oleh kebanyakan karang lunak juga mengandung antimikroba (Sorokin, 1989). Senyawa antimikroba lainnya telah didapatkan pada ekstrak enam karang lunak yang dominan (*Litophyton arboretum*, *Rythisma f. fulvum*, *Heteroxenia fuscesence*, *Heteroxenia fuscesence*, *Dendronephthia hemprichi*, dan *Xenia macrospiculata*) dari Laut Merah terhadap bakteri laut yang diisolasi dari air laut yang ada di sekitar karang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, sebagian besar (83%) karang lunak Alcyonacea menunjukkan aktivitas antimikroba yang cukup besar terhadap bakteri laut yang diisolasi dari air laut di sekitar karang. Dari spesies karang lunak yang diteliti, *Xenia macrospiculata* diperlihatkan aktivitas yang tertinggi, dan aktivitas antimikroba yang paling manjur (Kelman *et al.*, 2006).

Karang lunak *Sinularia* spp. kaya metabolit sekunder seperti sesquiterpen, diterpenes, steroid polyhydroxylated, dan senyawa poliamina. Metabolit ini terbukti memiliki berbagai aktivitas biologis seperti antimikroba, anti-inflamasi, dan aktivitas sitotoksik. Selama beberapa dekade terakhir, *Sinularia* spp telah menghasilkan banyak struktur baru dengan kerangka baru. Beberapa metabolit sekunder yang diperkenalkan

Bahan Alam Dari Octocorallia

sebelumnya telah diperiksa ulang untuk sifat-sifat farmakologinya, dan hasilnya sangat mendukung penelitian lebih lanjut, terutama pengembangan ke arah bidang farmakologi (Kamel dan Slattery, 2005).

Sinularia flexibilis mengandung diterpenes yang melindunginya dari pesaing dan predator. Namun, dari banyak diterpenoid yang diisolasi dari *S. flexibilis*, hanya sinulariolida yang telah dipelajari untuk sifat antibiotik. Dua dari lima diterpenes yang diuji (sinulariolide dan flexibilide), menunjukkan aktivitas antimikroba dan menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif. Senyawa flexibilide efektif bahkan pada konsentrasi serendah 5 ppm, sedangkan sinulariolida efektif pada konsentrasi 10 ppm. Senyawa ini menunjukkan potensi sebagai antibiotik (Aceret *et al.*, 1998).

Karang lunak jenis *Dendronephthya* sp. memiliki mekanisme pertahanan kimia terhadap bakteri epibiosis. Ekstrak jaringan karang lunak ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri epibiosis (Harder *et al.*, 2003). Aktivitas antibakteri juga diperlihatkan oleh senyawa pseudopterosins dan seco-pseudopterosins yang diisolasi dari *Pseudopteroorgia elisabethae*. Senyawa pseudopterosins dan seco-pseudopterosins memiliki sifat sebagai antibakteri pathogen terhadap *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, dan *Pseudomonas aeruginosa* (Correa *et al.* (2011). Begitu pula yang diperlihatkan oleh senyawa sarcophytolide yang diisolasi dari karang lunak *Sarcophyton glaucum*. Senyawa ini memiliki sifat neurotoksik dan berperan sebagai antibakteri. Senyawa ini juga

dapat menghambat bakteri *S. aureus* dan *E. coli* (Badria et al., 1998 dalam Hardiningtyas, 2009).

Ekstrak karang lunak jenis *Sinularia* sp. mempunyai kemampuan menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* secara sempurna yaitu mempunyai diameter zona hambat yang masuk dalam kategori kuat (Fikri, 2007 dalam Priyatmoko, 2008), sedangkan senyawa *Pseudopteroxazole* dan *ergorgiaene* merupakan senyawa yang diisolasi dari gorgonian *Pseudopterogorgia elisabetae*, terbukti mampu menghambat pertumbuhan *M. tuberculosis* (Yan, 2004 dalam Rasyid, 2008). Ekstrak gorgonian, yang menunjukkan aktivitas antibiotik, mengandung sejumlah senyawa bioaktif terpenoids. Diterpen dan eunicin yang menunjukkan aktivitas antibakteri telah diisolasi dari gorgonian *Eunicea mammosa*. Karang lunak *Pseudoplexaura porosa* dan *P. wagneri* mengandung crassin asetat. Crassin asetat dilaporkan beracun terhadap *Entamoeba histolytica* pada dosis 20 µg/mL secara *in vitro*. Crassin acetate dan eunicin juga menghambat pertumbuhan spesies bakteri *Clostridium fesi* and *Staphylococcus* species (Bhakuni dan Rawat, 2005). *Sinularia inelebens* mengandung norcembrane diterpenoid yang memperlihatkan aktifitas moderat sampai tinggi terhadap *Vibrio cholerae*, *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Sinularia* dan *Lobophytum* yang memiliki sifat-sifat sebagai antimikroba adalah senyawa flexilide, sinulariolide dan epi- sinulariolide. Ketiga senyawa tersebut memiliki aktivitas terhadap pertumbuhan *Bacillus* sp dan *S. aureus* (Devi et al., 2011).

Bahan Alam Dari Octocorallia

Saat ini banyak bakteri pathogen memiliki reistensi terhadap berbagai antibiotik, misalnya bakteri *Staphylococcus* hemolitik resisten dari berbagai macam obat bakteri Gram positif dan anggota *Staphylococci* negatif koagulase (CoNS) yang memiliki tingkat tertinggi resistensi antimikroba. Patogen nosokomial ini disebabkan oleh infeksi kulit atau jaringan lunak, bakteremia, septikemia, peritonitis, otitis media, meningitis dan infeksi saluran kemih. Kemampuan untuk memproduksi enterotoksin, hemolysin, biofilm, dan sitotoksin bisa menjadi karakteristik penting bagi keberhasilan infeksi. Untuk mengatasi masalah tersebut, pencarian sumber antibiotik baru harus dicari dan ditemukan. Hasil penelitian Sabdaningsih *et al.* (2016) telah menemukan fungi/jamur yang berasal dari karang lunak yang memiliki potensi sebagai persediaan senyawa bioaktif secara berkelanjutan. Diantara 23 isolat jamur yang yang diisolasi dari 7 karang lunak, ada 4 isolat yang aktif melawan *Staphylococcus* hemolitik tersebut. Berdasarkan analisis analisis sekuensing rRNA 18S, isolat-isolat jamur yang memiliki aktivitas tersebut diidentifikasi sebagai *Trichoderma longibrachiatum*.

4. Senyawa Antijamur pada Karang Lunak

Antijamur telah ditunjukkan oleh ekstrak dari *Euplexaura cf. pinnata*, *Echinogorgia sp.*, *Junceella cf. gemmacea*, *Subergorgia suberosa*, *Ctenocella cf. payung* dan *Junceella sp.* Ekstrak karang lunak tersebut memiliki efek penghambatan pada jamur patogen. Hasil penelitian Koh *et al.* (2002) menunjukkan bahwa sebagian besar aktivitas antijamur

ditunjukkan oleh *Euplexaura cf. pinnata* dan *Echinogorgia sp.* dari Famili Plexauridae. Namun, untuk sebagian besar spesies gorgonian, konsentrasi yang dibutuhkan untuk menghambat pertumbuhan jamur jauh lebih tinggi daripada konsentrasi ekstrak alami yang ditemukan dalam jaringan gorgonian. Hanya ekstrak *Echinogorgia sp.*, *C. cf. payung* dan *S. suberosa* dapat menghambat pertumbuhan jamur dari beberapa spesies jamur pada konsentrasi yang lebih rendah dari pada konsentrasi alaminya. Sifat antijamur juga telah diperlihatkan oleh karang lunak lainnya, seperti hasil penelitian oleh Correa *et al.* (2011) yang telah mendapatkan senyawa pseudopterosins dan seco-pseudopterosins yang diisolasi dari *Octocorallia Pseudopteroogorgia elisabethae* dari Pulau San Andrés dan Providencia (Laut Karibia barat laut). Senyawa ini memiliki aktivitas sebagai senyawa antijamur *Candida albicans*. Selain itu, Devi *et al.* (2011) juga mendapatkan ekstrak *Sinularia kavarattiensis* memiliki aktivitas fungisida moderat dan *Sinularia inelagan*, *Sinularia sp.*, dan *Lobophytum sp* memiliki aktivitas fungisida yang tinggi terhadap jamur *Fusarium sp* dan *Nocardia sp.*

5. Senyawa Antivirus pada Karang Lunak

Antivirus adalah agen yang membunuh virus atau yang menekan kemampuannya untuk bereplikasi dan, karenanya, menghambat kemampuannya untuk berkembang biak dan bereproduksi. Pengembangan antivirus telah jauh tertinggal dari antibiotik. Virus hanyalah bahan genetik, DNA atau RNA,

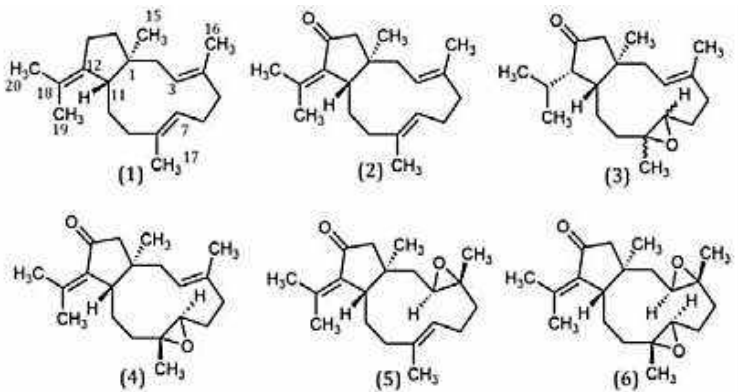
Bahan Alam Dari Octocorallia

mungkin dengan beberapa enzim, terbungkus mantel protein. Virus secara teknis tidak hidup yang membuatnya sulit untuk dibunuh. Lebih jauh, virus mereplikasi (membuat salinan diri mereka sendiri) dengan membajak mesin sel yang mereka infeksi, sehingga sulit untuk membunuh virus tanpa membunuh sel (<https://www.medicinenet.com/script/main/art>). Beberapa taksa Octocorallia mengandung senyawa antivirus terhadap virus patogen manusia maupun hewan. Senyawa antivirus yang dihasilkan ada yang masih tahap uji praklinis dan beberapa sudah memasuki uji klinis, bahkan sudah ada yang diaplikasikan untuk pengobatan berbagai macam penyakit pada manusia maupun hewan

Senyawa diterpen dolabellane yang dihasilkan oleh karang lunak Karibia *Eunicea laciniate* dan *Eunicea asperula* memiliki banyak aktivitas antivirus. Senyawa dolabellanes 1-6 diisolasi dari *E. laciniate*, sedangkan senyawa 2, 4 dan 5 diisolasi dari *E. asperula* (Gambar 168). Dolabellane murni diuji secara *in vitro* dalam uji antivirus terhadap HSV-1. Senyawa 6 menghambat replikasi virus dalam sel yang terinfeksi (73,7% penghambatan pada 50 μM) tanpa efek sitotoksik ($\text{CC}_{50} = 95.9$), menunjukkan aktivitas yang serupa dengan kontrol positif Acyclovir[®]. Dengan demikian, senyawa 6 adalah kandidat yang menarik untuk studi lanjut tentang dolabellane sebagai senyawa antivirus (Rocha *et al.*, 2011).

Penelitian Kimia ekstrak dari karang lunak, *Nephthea* sp. dari Teluk Benggala, menunjukkan aktivitas antivirus terhadap virus penyakit Ranikhet (*in vitro*) dan virus vaksinasi (*in vitro* dan

in vivo) yang diberikan ester, kolesterol, 1-O-alkylglycerols, asam lemak dan D (-)-2S, 3R -2-aminooctadeca-4E, 8E-diena-1,3-diol-N-palmitat (Patra dan Majumdar, 2003), *Lobophytum* sp. didapatkan senyawa Diterpenoid Lobohedleolide, 17-lobohedeolide, dimethylamino lobohedeolide; yang memiliki anktivitas sebagai Anti-HIV (Rocha *et al.*, 2011).



Gambar 168. Senyawa dolabellane yang diisolasi dari karang lunak *Eunicea laciniata* dan (1 - 6) dan *Eunicea asperula* (2, 4-5)

6. Senyawa Antiinflamasi pada *Octocorallia*

Peradangan atau inflamasi merupakan respon biologis yang kompleks terhadap pathogen atau kerusakan jaringan yang ditandai dengan vasodilatasi, meningkatnya aliran darah, permeabilitas vaskular, dan ekstrasvasi seluler (González *et al.*,

Bahan Alam Dari Octocorallia

2015). Respons inflamasi adalah proses yang sangat diatur, dan disregulasinya dapat menyebabkan pembentukan peradangan kronis, dan pada beberapa kasus sampai menyebabkan kematian. Peradangan adalah penyebab beberapa penyakit, termasuk rheumatoid arthritis, penyakit radang usus, multiple sclerosis, dan asma. Pencarian agen yang menghambat peradangan merupakan tantangan besar karena respons inflamasi memainkan peran penting dalam pertahanan *host* terhadap infeksi. Invertebrata laut adalah sumber alami *natural product* yang luar biasa, dan di antara metabolit sekunder tersebut diterpenoid menunjukkan sifat antiinflamasi yang menonjol. Antiinflamasi diterpenoid diproduksi secara eksklusif oleh organisme laut telah diidentifikasi, dan telah dibuat molekul sintesis berdasarkan struktur yang telah diperoleh. Aktivitas antiinflamasi diterpenoid dari invertebrata laut telah dikaitkan dengan penghambatan aktivasi *Nuclear Factor- κ B* dan modulasi metabolisme asam arakidonat. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menggambarkan mekanisme aksi metabolit sekunder diterpenoid ini (González *et al.*, 2015).

Pada beberapa tahun terakhir, sejumlah besar metabolit dengan sifat antiinflamasi yang kuat telah ditemukan dari organisme laut, dan beberapa senyawa ini sekarang sedang dalam uji klinis (Lin *et al.*, 2013). *Pseudopterogorgia elisabethae* salah satu karang lunak yang menghasilkan senyawa diterpenoid, yaitu Pseudopterosin. Pseudopterosin A (PsA) telah terbukti memiliki sifat antiinflamasi dan analgesik (penghilang rasa sakit) yang manjur. Senyawa Ini menghambat pelepasan

eicosanoid dengan menghambat fosfolipase A2 (PLA2), 5-lipoxygenase (5-LO) dan siklooksigenase (COX), degranulasi leukosit dan pembebasan enzim lisosomal. Senyawa ini tampaknya secara farmakologis berbeda dari obat antiinflamasi nonsteroid lainnya dan mekanisme kerjanya tampaknya juga baru. Ekstrak PsA saat ini digunakan sebagai aditif untuk mencegah iritasi kulit dalam sediaan kosmetik. PsA dilisensikan ke perusahaan farmasi untuk mengevaluasi turunan pseudopterosin semisintetik dalam uji klinis sebagai agen antiinflamasi topikal untuk dermatitis kontak (Zheng, 2009). Senyawa pseudopterosin adalah kerabat senyawa amphilectane diterpenes terbesar dengan 31 derivatnya telah diisolasi sampai saat ini. Senyawa Pseudopterosin adalah senyawa antiinflamasi yang potensinya melebihi obat antiinflamasi yang ada pada saat ini seperti indomethacin (Newton *et al.*, 2014).

Klyxum simplex didapatkan senyawa Diterpenoid Simplexin E, *Lobophytum crassum* didapatkan terpenoid Crassumolides A and C, *Lobophytum durum* didapatkan terpenoid Durumolides A–C dan cembranoids Durumhemiketalolide A–C, *Sinularia gibberosa* didapatkan Steroid Gibberoketosterol, *Sinularia querciformis* didapatkan terpenoid Querciformolide C, dan *Nephthea erecta* didapatkan Ergostanoids 1 dan 3, yang kesemuanya bersifat antiinflamasi (Rocha *et al.*, 2011). *Sinularia querciformis* telah terisolasi senyawa 11-episinulariolide asetat (Ya-s11), senyawa tipe cembrane dengan efek anti-inflamasi. Skrining awal mengungkapkan bahwa Ya-s11 secara signifikan menghambat

Bahan Alam Dari Octocorallia

ekspresi protein proinflamasi yang diinduksi nitric oxide synthase dan cyclooxygenase-2 pada makrofag murine yang terstimulasi oleh lipopolysaccharide. Selain itu, telah diteliti juga efek terapeutik Ya-s11 pada *Adjuvant-Induced Arthritis* (AIA) pada tikus betina, yang menunjukkan fitur yang mirip dengan *Reumatoid Arthritis* manusia (RA). Percobaan pada hewan mengungkapkan bahwa Ya-s11 secara signifikan menghambat karakteristik AIA. Selain itu, senyawa Ya-s11 juga melemahkan ekspresi protein cathepsin K, matrix metalloproteinases-9 (MMP-9), artrate-resistant acid phosphatase (TRAP), dan tumor necrosis factor- α (TNF- α) pada jaringan pergelangan kaki AIA pada tikus. Berdasarkan atenuasi/peredupaan dari ekspresi protein proinflamasi dan perkembangan penyakit AIA pada tikus, senyawa Ya-s11 dapat berfungsi sebagai agen terapi yang berguna untuk pengobatan *Reumatoid Arthritis* manusia (RA) (Lin *et al.*, 2013).

Kallolide A, metabolit dari *Antilloorgia bipinnata* yang memiliki sifat sebagai senyawa antiinflamasi (Mukherjee, 2008 dalam Ramnarinesingh, 2016). Ekstrak heksana dan ekstrak kloroform pena laut *Virgularia gustaviana* juga memiliki efek antiinflamasi yang kuat bahkan pada dosis rendah sekalipun. Efek antiinflamasi pada ekstraknya mungkin karena adanya 54% asam arakidonat di dalam ekstraknya (Sharifi dan Safaeian, 2015), dan senyawa Eunicellin (krempielin, hirsutalin, klymollins, klysimplexin, klysimplexin sulfoxide, simplexin, dan cladiueunicellin) yang didapatkan dari karang lunak genera *Cladiella* atau *Klyxum* memiliki sifat sebagai senyawa

antiinflamasi; senyawa Frajunolide yang didapatkan dari *Junceella fragilis*, senyawa Juncenolide dari *Junceella juncea*, senyawa Junceol dari *Junceella juncea*, dan senyawa Briarenolides dari *Briareum* sp. juga memiliki sifat sebagai senyawa antiinflamasi; Senyawa cembrane diterpenoids, yang mencakup senyawa Crassarines (*Sinularia crassa*), Grandilobatins (*S. grandilobata*), Querciformolides (*S. querciformis*), Sinumaximols (*S. maxima*), Sarcocrassocolides (*Sarcophyton crassocaule*), Crassocolides (*S. crassocaule*), Crassumolides (*Lobophytum crissum*), Crassumols (*L. crissum*), Lobocrasols (*L. crissum*), Durumolides (*L. durum*), Laevigatols (*L. laevigatum*), dan Columnariols (*Nephtea columnaris*) juga telah menunjukkan sifat-sifatnya sebagai senyawa antiinflamasi (González *et al.*, 2015).

7. Senyawa Antitumor dan Antikanker pada Karang Lunak

Karang lunak adalah salah satu sumber daya laut yang menghasilkan bahan alam laut dari golongan senyawa terpenoid. Senyawa terpenoid yang dihasilkan oleh karang lunak ini antara lain: Sinulariolide, Sinularin, Dihydrosinularin (Tursch *et al.*, 1978; Michalek dan Bowden, 1997) yang bersifat sitotoksik (Sammarco dan Coll, 1988), dan merupakan senyawa yang memiliki sifat-sifat antikanker (Weinheimer, 1977); Sarcophine, γ -Lactone dan capnellenes yang aktif secara *in vitro* terhadap sel-sel tumor (Jaspars, 2001; Rezanka, 2001), dan metabolit tertentu yang bersifat sitotoksik (Ahmet *et al.*, 2006).

Bahan Alam Dari Octocorallia

Selain itu karang lunak juga mengandung metabolit aktif secara biologi dan farmakologi (Radwan *et al.*, 2002),

Karang lunak genus *Sarcophyton* banyak mengandung senyawa bioaktif terpenoid, seperti *cembranoid diterpenoid* (Yulin Li *et al.* 2006 dalam Hardiningtyas, 2009). Hasil penelitian Sawant *et al.* (2006) dalam Hardiningtyas (2009) menunjukkan bahwa ekstrak karang lunak *Sarcophyton glaucum* asal Laut Merah (*Red sea*) mengandung senyawa *sarcophine*. *Sarcophine* merupakan senyawa *cembranoid diterpen* yang diketahui dapat menghambat proses tumorigenesis. Koh *et al.* (2000) dalam Hardiningtyas (2009) menambahkan bahwa jenis senyawa *cembranoid diterpen* lain yang terdapat pada karang lunak *Sarcophyton glaucum* adalah *sarcophytol-A* dan *sarcophytonin-A*. Jumlah senyawa tersebut dalam ekstrak lipid sebesar 22% dan 8%. *Sarcophytol-A* dan *sarcophytonin-A* adalah senyawa yang juga memiliki sifat-sifat sebagai sitotoksik. Ramnarinesingh (2016) juga menyatakan bahwa *Antillogorgia bipinnata* mengandung senyawa *bipinnatins* yang memiliki aktivitas sebagai senyawa antitumor, penghambat acetylcholine. Senyawa *Bipinnatins A, B, C dan D* menghambat pertumbuhan sel-sel tumor murine P388.

Ekstrak karang lunak *Sinularia* sp. dengan campuran etanol dan heksana menghasilkan senyawa *sinularian (A)* dan *(B)* yang mampu menghambat pertumbuhan sel kanker paru-paru, hati, dan payudara (Chao *et al.*, 2006 dalam Priyatmoko, 2008). Potensi penghambatan pertumbuhan sel tumor oleh senyawa yang dihasilkan oleh karang lunak *Sinularia* sp. Senyawa loba-

8,10,13 (15)-triene-16,17,18-triol, 14,17-epoxyloba-8,10,13 (15)-trien- 18-ol-18-asetat, lobatrienolide, (1E, 3E, 7E)-11,12-epoxycembratrien-15-ol dan sarcophytol-B dinilai memiliki kemampuan sebagai senyawa antitumor terhadap tiga jenis sel tumor manusia (SF-268, MCF-7 dan H460). Senyawa lobanes dan cembran yang diuji menunjukkan penghambatan pertumbuhan 50% dalam kisaran 6,8-18,5 μM , tanpa selektivitas (Wright *et al.*, 2012).

Begitu pula ekstrak organik dan fraksi metanol/diklorometana (F-MeOH/CH₂Cl₂) gorgonian Mediterania, *Eunicella singularis* menunjukkan aktivitas antiproliferatif yang menarik terhadap sel kanker (A549 dan MCF7). Nilai LC₅₀ dari ekstrak organik terhadap sel kanker adalah 36 dan 52 mg/ml untuk A549 dan MCF7. Untuk F-MeOH/CH₂Cl₂ itu, LC₅₀ adalah 31 $\mu\text{g/ml}$ untuk kedua sel kanker yang dipelajari. Selain itu, F-MeOH/CH₂Cl₂ memiliki aktivitas antioksidan yang kuat (Deghrigue *et al.* 2013).

Genus *Nephthea* adalah anggota dari Family Alcyonaceae, Subfamili Nephtheidae, dan terdistribusi luas di seluruh dunia terutama di wilayah Indo-Pasifik. Genus *Nephthea* telah lama dipelajari unsur fitokimianya dan studi ini telah menghasilkan penemuan lebih dari seratus senyawa yang terdiri dari amida, sesquiterpen, diterpenes dan steroid. Senyawa-senyawa tersebut memiliki aktivitas biologis, seperti aktivitas anti-inflamasi dan sitotoksik juga telah diamati untuk beberapa unsur terisolasi. Di antara unsur terisolasi adalah steroid (yang paling banyak), diikuti oleh diterpenes, dan aktivitas biologis

Bahan Alam Dari Octocorallia

sesquiterpenes dilaporkan terdapat pada dua belas spesies dari genus *Nephthea*, yaitu *Nephthea albida*, *N. armata*, *N. bayeri*, *N. brassica*, *N. capnelliformis*, *N. crassica*, *N. elongata*, *N. erecta*, *N. hainansis*, *N. pacifica*, *N. chabrolii* dan *N. sinulata* (Amir *et al.*, 2012).

Investigasi kimia pada fraksi diklorometana yang berasal dari ekstrak EtOH dari *Sinularia gibberosa* Tixier-Durivault telah mengarah pada isolasi tiga sterol polyoxygenated baru, gibberoketosterols B dan C dan gibberoepoxysterol, bersama dengan dua steroid yaitu: gibberoketosterol dan 24-methylenecholest-5-en-3 α -ol. Senyawa-senyawa tersebut menunjukkan penghambatan yang signifikan terhadap sel kanker (Ahmed *et al.*, 2006), sedangkan *Nephthea chabrolii* dan *Nephthea* sp. mengandung asam isoketochabrolic, asam ketochabrolic, sesquiterpen, diterpenes dan steroid. Senyawa-senyawa tersebut memiliki aktivitas sebagai sitotoksik (Amir *et al.*, 2012).

Pseudopterogorgia elisabethae mengandung senyawa pseudopterოსins dan seco-pseudopterოსins. Kedua senyawa ini memperlihatkan profil sitotoksik yang lebih lengkap terhadap lima jenis sel kanker manusia (HeLa, PC-3, HCT116, MCF-7 dan BJ) (Correa *et al.*, 2011). Sheuet *et al.* (1999) dalam Zhen (2014) menemukan sterol laut baru, 7 β -hydroperoxy-24-methylenecholesterol dari *Sinularia* sp. dan lima senyawa lainnya juga telah diisolasi. Keenam senyawa ini menunjukkan aktivitas sitotoksitas yang signifikan terhadap sel kanker P-388

(sel leukemia), KB, A-549 (adenocarcinoma paru pada manusia) dan HT-29 (adenocarcinoma colon pada manusia).

Klyxum simplex mengandung diterpenoid Klysimplexin B and H; *Lobophytum* sp. mengandung senyawa Lobophytene; *Lobophytum cristagalli* mengandung Cembranolide; *Sarcophyton crassocaule* mengandung Crassocolides H–M; *Sinularia flexibilis* mengandung Cembranoid Flexilarin; *Clavularia koellikeri* mengandung Cembrane-type diterpenoid; *Clavularia viridis* mengandung Prostanoid Claviridic acid, Clavulones, Halogenated prostanoids, Bromovolone III, dan steroid Yonarasterols dan Stoloniferone E; *Telesto riisei* mengandung Punaglandins (Prostaglandin); *Dendronephthya rubeola* mengandung Sesquiterpenoid Capnell-9(12)-ene-8 β ,10 α -diol; *Nephthea chabroli* mengandung Terpenoid Chabranol; *Asterospicularia laurae* mengandung Diterpenoid Asterolaurin A; *Cespitularia hypotentaculata* Cespitularin C Diterpenoid mengandung Diterpenoid Cespitularin C; dan *Xenia plicata* mengandung Diterpenoid Blumiolide C yang kesemuanya memiliki sifat-sifat sebagai antitumor (Rocha *et al.*, 2011).

Di Indonesia, beberapa anggota karang lunak ekstrak, fraksi atau senyawanya telah diketahui memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi senyawa antitumor atau antikanker. Januar *et al.* (2010) dalam Putra *et al.* (2017) telah mengisolasi senyawa baru 3, 4-epoxy-nephthenol acetate yang meliputi senyawa-senyawa decaryiol 15-hydroxy-cembrenene, 2-hydroxy-nephthenol, nephthenol dan asam arachidonic yang berasal dari dua specimen karang lunak *Nephthea* sp., yang

Bahan Alam Dari Octocorallia

diambil dari Kepulauan Seribu. Senyawa-senyawa tersebut telah diskринing untuk seluruh aktivitas sel antikanker terhadap tiga sel tumor manusia, yaitu SF-268 (sistem saraf pusat), MCF-7 (payudara), H460 (paru-paru).

8. Senyawa Antifouling pada Karang Lunak

Karang lunak mengandung senyawa-senyawa yang berpotensi dijadikan sebagai senyawa antifouling. Senyawa-senyawa tersebut dihasilkan dari berbagai spesies karang lunak, misalnya *Muricea californica* dan *Muricea fruticosa* yang mengandung saponin aminogalaktosa baru, yaitu muricins. Senyawa ini dapat menghambat pertumbuhan diatom *Phaeodactylum tricornum* pada konsentrasi 100 ppm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa senyawa ini dapat diaplikasikan untuk mengurangi organisme penempel/*fouling* (diatom) pada bangunan-bangunan di laut maupun pada kapal laut (Bhakuni dan Rawat, 2005). Sesquiterpen 2',6'-dimethylocta-1',5',7'-tryenyl yang disolasi dari karang lunak *Sinularia kavarattiensis* dari Gulf of Mannar, Tamil Nadu, India memperlihatkan sifat-sifat yang dapat menghambat penempelan larva *biofouler* kosmopolitan, *Balanus Amphitrite* (Mol et al., 2009).

Ekstrak *Renilla reniformis* Atlantik dapat menghambat penempelan larva barnacle. Ekstrak tersebut telah ditemukan mengandung tiga diterpen baru, yaitu renillafoulins A, B, dan C. Ketiga senyawa ini juga dapat menghambat penempelan larva barnacle. Senyawa diterpenes ini karakter dan ativitiesnya mirip

dengan senyawa briarein yang diisolasi dari Pennatulacea (Keifer dan Rinehart, Jr, 1986).

Ekstrak kasar karang lunak *Acanthogorgia turgida*, *Alcyonium paesslerii*, *Cladiella pachyclados*, *Dendronephthya* sp., *Echinogorgia complexa*, *Euplexaura nuttingi*, *Gersemia Antarctica*, *Gorgonella sanguinolenta*, *Sclerophyllum* sp., *Sinularia compressa*, *Sinularia numerosa*, *Solenocaulon tortuosum*, *Spongodes* sp., *Subergorgia suberosa*, dan *Xenia elongate* memiliki aktivitas sebagai antifouling. Senyawa Caffeine (*Echinomuraceae splendens*), Isothiozalone (*Eunicea* sp.), Juncins (*Juncella juncea*), Homarine (*Leptogorgia virgulata*), Diterpenes (*Lobophyllum pauciflorum* dan *Lobophyllum* sp.), Muricins (*Mauricea fruticosa*), Renillafoulin A (*Renilla reniformis*), Sinularioliide; 11-episinularioliide (*Sinularia flexibilis*), Furoic acid (*Sinularia kavarttiensis*), dan Desoxyhavannahine (*Xenia macrospiculata*) juga memiliki aktivitas sebagai senyawa antifouling (Raveendran dan Mol, 2009).

Bakteri laut yang terkait dengan karang lunak *Sarcophyton* sp yang dikumpulkan dari sekitar perairan pulau Peucang, Ujung Kulon, Jawa Barat, berhasil didapatkan senyawa yang memiliki aktivitas antifouling terhadap bakteri pembentuk biofilm. Paling tidak terdapat satu isolat bakteri dari tujuh isolat bakteri yang ditemukan dapat menghambat pertumbuhan biofilm organisme penempel/*biofouler*. Strain yang paling aktif adalah USP3.37, diidentifikasi sebagai *Pelagibacter variabilis*. Demikian pula, strain aktif USP3.3, USP8.43, USP3.12, USP3.16 dan USP8.6 diidentifikasi sebagai *Arthrobacter nicotianae*,

Bahan Alam Dari Octocorallia

Shewanella alga, *Pseudomonas synxantha*, *Pseudomonas falgida*, *Pseudovibrio denitrificans* dan *Bacillus aquamaris*. Strain USP3.37 ditemukan untuk memperkuat fragmen gen peptida sintetase non-ribosom (NRPS). Hal ini meningkatkan kemungkinan penggunaan bakteri karang lunak sebagai sumber senyawa antibakteri untuk mengendalikan antifouling di laut. Oleh karena itu, bakteri ini akan lebih baik untuk dipilih sebagai senyawa antifouling yang ramah lingkungan daripada aktivitas antibakteri lainnya (Sabdono dan Radjasa, 2006).

9. Peranan Senyawa Bioaktif pada Karang Lunak

Golongan Anthozoa yang banyak mengandung bahan kimia adalah Octocorallia dan Zoantharia. Banyak diantara mereka tidak memiliki kerangka luar yang keras, dan bahan kimia tersebut dapat melindungi mereka dari pemangsa, terutama Octocorallia yang cnidocilnya sedikit (Sorokin, 1992).

Pada umumnya di perairan terumbu karang hidup bermacam-macam predator karang lunak seperti ikan, krustasea, ekhinodermata dan lain-lain. Secara morfologi karang lunak lentur dan lunak. Hidupnya menetap dan melekat didasar sehingga tidak dapat menghindari serangan predator. Selain itu tubuhnya kaya akan unsur-unsur nutrisi yang penting seperti protein, lemak, dan karbohidrat, yang merupakan sumber makanan yang bernilai tinggi bagi predator (Manuputty, 1990).

Karang lunak menghasilkan senyawa metabolit sekunder berfungsi untuk menghadapi serangan predator, media kompetisi, mencegah infeksi bakteri, membantu proses

reproduksi, dan mencegah sengatan sinar ultra violet (Harper et al. 2001 *dalam* Hardiningtyas, 2009). Elyakov dan Stonik (2003) *dalam* Hardiningtyas (2009) melaporkan bahwa karang lunak menghasilkan beberapa dari golongan senyawa hasil metabolit sekunder, seperti alkaloid, terpenoid, steroid, flavonoid, fenol, saponin, dan peptida.

Salah satu golongan senyawa yang dikandung oleh karang lunak adalah golongan senyawa terpenoid. Senyawa terpenoid merupakan suatu kelompok senyawa kimia dari golongan hidrokarbon isometik yang mempunyai rumus molekul $C_{10H_{16}}$. Senyawa ini umumnya ditemukan dalam minyak esensial atau minyak asiri dari tumbuh-tumbuhan yang berdaun harum seperti ekaliptus atau dalam bentuk terpenin dari sebangsa pinus, damar, karet dan sebagainya. Senyawa ini berbau harum dan wangi dan sering digunakan dalam industri farmasi (Manuputty, 1991). Senyawa terpenoid dalam tubuh karang lunak, biasanya berfungsi sebagai pelengkap kegiatan fisik, seperti untuk kompetisi ruang (Benayahu dan Loya, 1981; Coll dan Sammarco, 1986; Manuputty, 1991), sebagai racun untuk melawan predator (Coll dan Sammarco, 1986; Manuputty, 1991; Griffith, 1994), dan berperan dalam reproduksi (Yamasato et.al., 1981; Coll dan Sammarco, 1986; Manuputty, 1991).

Terpenoid adalah kelompok senyawa organik yang banyak terdapat pada komponen minyak esensial pada banyak tumbuhan dan bunga (Streitwieser et.al., 1992), sedikit pada hewan dan mikroorganisma (Fatma, komunikasi pribadi). Terpenoid disintesis oleh organisme (biosintesis) dari asam

Bahan Alam Dari Octocorallia

asetat melalui proses biokimia lanjutan isopentenyl pyrophosphate. Struktur terpenoid umumnya disusun oleh sejumlah unit isoprena (unit C 5) (Strreitwieser et.al., 1992). Sedangkan menurut Manuputty (1991) terpenoid merupakan suatu senyawa kimia golongan hidrokarbon isometik. Senyawa ini umumnya ditemukan dalam minyak esensial atau minyak atsiri dari tumbuh-tumbuhan yang berdaun harum seperti eukaliptus atau dalam bentuk terpenoidtin dari sebangsa pinus, damar, karet dan sebagainya.

Menurut Ikan (1991) senyawa terpenoid dapat diklasifikasikan menjadi enam kelompok, yaitu: (1) Monoterpen ($C_{10}H_{16}$), (2) Sesquiterpen ($C_{15}H_{24}$), Diterpen ($C_{20}H_{32}$), Triterpen ($C_{30}H_{48}$), Tetraterpen ($C_{40}H_{64}$), Polyterpen (C_{5H_8})n. Sedangkan menurut Fatma (komunikasi pribadi) senyawa terpenoid diklasifikasikan menjadi delapan kelompok, yaitu: Hemiterpen (atom C 5 buah), Monoterpen (atom C 10 buah), Sesquiterpen (atom C 15 buah), Diterpen (atom C 20 buah), Sesterpen (atom C 25 buah), Triterpen (atom C 30 buah), Tetraterpen (atom C 40 buah), dan Polyterpen (atom C > 40 buah).

Monoterpen adalah senyawa terpenoid yang terdiri dari dua unit isoprena. Monoterpen dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu: acyclic monoterpen, monocyclic monoterpen, dan bicyclic monoterpen. Sesquiterpen dibentuk oleh tiga unit isoprena. Sesquiterpen adalah senyawa tidak jenuh dan kemungkinan acyclic, monocyclic, bicyclic, dan tricyclic. Diterpen dibentuk oleh empat unit isoprena yang kemungkinan acyclic, monocyclic,

bicyclic, dan tricyclic. Triterpen diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok, yaitu acyclic, tetracyclic, dan pentacyclic (Ikan, 1991).

Senyawa terpenoid tidak hanya terdapat pada karang lunak, tetapi juga terdapat pada tumbuhan darat seperti genera *Eucalyptus*, *Melaleuca*, *Leptospermum*, *Backhousia* (Myrtaceae), *Boronia*, *Zieria* (Rutaceae). Kandungan senyawa terpenoid pada tumbuhan eukaliptus bervariasi tergantung pada jenisnya, begitu pula tingkat toksisitasnya (Edward et.al., 1993). Senyawa terpenoid yang dikandung oleh karang lunak dapat diketahui dengan menciumnya sesaat diangkat dari permukaan air. Aroma tajam yang tercium pada saat pengangkatan dari dalam air merupakan aroma senyawa terpenoid yang dikandungnya. Senyawa terpenoid pada karang lunak umumnya berasal dari kelompok sesquiterpenoid dan diterpenoid. Senyawa-senyawa ini mempunyai peranan dan sifat yang berbeda-beda, ada yang bersifat racun pada ikan, alat penghindaran untuk dimakan, dan allelopatik, serta sifat fisiologik lainnya bagi karang tertentu (Longeon *et al.*, 2002; Camel *et al.*, 2004),

Senyawa terpenoid berbau harum dan juga mempunyai rasa yang enak, tetapi dibalik semua ini terkandung racun yang dapat membinasakan biota lain. Beberapa percobaan telah dilakukan untuk menguji apakah ekstrak karang lunak dapat mempengaruhi makanan ikan. Hal ini dilakukan dengan jalan mencampur hasil ekstrak karang lunak dalam konsentrasi yang berbeda-beda dengan makanan ikan. Hasil lain yang diperoleh menunjukkan bahwa 90 % makanan yang dicampur dengan hasil ekstrak pada konsentrasi tinggi akan dihindari oleh ikan.

Bahan Alam Dari Octocorallia

Demikian pula dengan makanan yang dicampur dengan konsentrasi rendah, 55 % dari makanan ini juga dihindari oleh ikan. Dari percobaan ini disimpulkan bahwa karang lunak dengan senyawa terpenoidnya berpengaruh terhadap makanan ikan. Jadi dengan perantara bau atau aroma yang dikeluarkan oleh karang lunak ke dalam air laut disekitarnya, dapat menghalang-halangi biota lain yang mencari makanan ditempat tersebut. Bau atau aroma ini merupakan daya tarik tersendiri bagi biota-biota lain. Beberapa karang lunak yang berbau tidak enak tidak berbahaya, sedangkan yang berbau harum dapat mematikan (Manuputty, 1990).

Senyawa terpenoid dalam tubuh karang lunak berfungsi sebagai pelengkap kegiatan fisik, mengingat tekstur tubuhnya yang lunak dan lentur (Bakus, 1981; Benayahu dan Loya, 1981; Coll dan Sammarco, 1986), racun untuk melawan predator dan untuk menyelamatkan makanan dari biota lain (Coll dan Sammarco, 1986; Manuputty, 1990; Griffith, 1994), menghambat pertumbuhan zooxanthellae pada karang batu (Fossa dan Nilsen, 1998). Senyawa anti predator terutama didapatkan pada karang lunak yang menahan senyawa terpenoid di dalam tubuhnya. Strategi ini dimaksudkan agar predator tidak memangsanya.

Hasil analisis kimia menunjukkan bahwa 50 % dari ekstrak senyawa terpenoid ini bersifat racun. Hal ini telah dibuktikan dengan jalan memberikan hasil ekstrak dari sejumlah karang lunak yang hidup di perairan Great Barrier Reef kepada sejenis ikan pemakan nyamuk (*Gambusia affinis*) (Manuputty, 1990).

Ringkasan distribusi ichthiotoksisitas pada karang lunak dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Ringkasan distribusi ichthyotoksisitas (memakai bioassay *Gambusia affinis*) pada Karang Lunak (La Barre, 1984 dalam Quinn dan Sammarco, 1988)

Spesies Karang Lunak	Spesimen	
	Toksik	Non-Toksik
Alcyonacea		
Alcyoniidae		
- <i>Lobophytum spp</i>	9	1
- <i>Sarcophyton spp</i>	13	2
- <i>Cladiella spp</i>	8	1
- <i>Sinularia spp</i>	28	15
- <i>Parerythropodium spp</i>	2	1
- <i>Alcyonium spp</i>	0	1
Nephtheiidae		
- <i>Lemnalia spp</i>	9	1
- <i>Paralemnalia spp</i>	4	2
- <i>Nephtea spp</i>	12	7
- <i>Dendronephtya spp</i>	4	11
- <i>Capnella spp</i>	0	9
Xeniidae		
- <i>Xenia spp</i>	6	1
- <i>Cespitularia spp</i>	3	4
- <i>Efflatounaria spp</i>	4	6
- <i>Anthelia spp</i>	1	1
Kontrol	4	27

Tingkat toksisitas pada masing-masing famili sampai spesies bervariasi dari menghambat, merusak sampai mematikan predator. Demikian pula hubungannya dengan

Bahan Alam Dari Octocorallia

tekstur tubuh karang lunak. Pada spesies tertentu, yaitu yang tubuhnya lentur karena kandungan spikulanya sedikit, mengandung senyawa terpenoid yang tingkat toksisitasnya tinggi, seperti *Xenia*, *Heteroxenia* dan *Sinularia fleksibilis*, sedangkan pada jenis-jenis yang teksturnya kaku, merambat dan agak keras, karena mengandung banyak spikula yang besar-besar bahkan mencuat ke luar dinding tubuh, mengandung senyawa terpenoid dengan tingkat toksisitas yang rendah, seperti *Sinularia dura* dan *Dendronephthya sp.* Spikula-spikula ini melindungi polip maupun koloni terhadap serangan predator (Manuputty, 1990).

Organisme pada terumbu karang terutama yang hidup melekat pada dasar mempunyai mekanisme tersendiri untuk merebut ruang lingkup hidupnya. Karang batu misalnya dapat menggunakan sel penyengat untuk membunuh biota lain yang bertetangga dengannya. Hal ini merupakan salah cara untuk merebut ruang lingkup. Karang lunak tidak memiliki sel penyengat tetapi memiliki senyawa terpenoid yang bersifat racun. Beberapa karang lunak dengan bantuan senyawa terpenoid dapat melemahkan bahkan mematikan organisme yang hidup disekitarnya (Manuputty, 1990).

Berbagai cara yang digunakan oleh karang batu dan karang lunak dalam berkompetisi ruang. Pada karang batu, dengan cara *overtopping*, pencernaan *extracoelenteric* melalui *mesentrial filaments*, penyapuan tentakel. Sedangkan pada karang lunak, karena tidak memiliki sel penyengat yang mampu melawan pertahanan organisme di dekatnya maupun

kemampuan *mesentrial filaments* pada pencernaan *extracoelenteric*, mereka menggunakan strategi kompetisi alternatif termasuk allelopatik, *overgrowth* yang sederhana, atau pergerakan keseluruhan koloni melintasi permukaan karang batu (La Barre dan Coll, 1982).

Karang lunak yang sukses dalam persaingan ruang adalah karang lunak yang mengeluarkan senyawa terpenoidnya di sekitar tempat tinggalnya. Senyawa terpenoid yang dikeluarkannya dapat merusak jaringan organisme lain yang bersentuhan atau berdekatan dengannya, dan bahkan dapat mematikannya. Menurut Manuputty (1990) beberapa percobaan telah dilakukan di perairan Great Barrier Reef dengan jalan menempatkan koloni-koloni karang lunak jenis *Lobophytum pauciflorum* dan *Xenia sp* yang berdekatan dan bersentuhan dengan koloni karang batu *Porites andrewesi* dan *Pavona cactus*. Hasil percobaan tersebut, ternyata pada perlakuan karang lunak yang bersentuhan langsung dengan karang batu, karang batunya mati. Demikian pula yang diletakkan berdekatan satu dengan lainnya tapi tidak bersentuhan, juga mengakibatkan kematian bagi karang batu.

Senyawa terpenoid berperan juga dalam siklus reproduksi seksual terutama dalam proses pematangan gonad. Hal ini terlihat pada kandungan terpenoid yang meningkat pada saat ovulasi. Demikian pula konsentrasi terpenoid meningkat dalam telur pada saat dilepaskan ke air, sampai menjadi planula kemudian melekat didasar. Konsentrasinya semakin menurun pada waktu musim kawin berakhir. Hal ini membuktikan bahwa

Bahan Alam Dari Octocorallia

senyawa tersebut membantu dalam proses fertilisasi sampai perlekatan dan pertumbuhan larva (Coll and Sammarco, 1986; Manuputty, 1990; Sorokin, 1993).

Pada percobaan awal metampakkan perbedaan senyawa kimia antara koloni dan telur pada *Lobophytum compactum*. Diterpenoid Thunbergol terdapat pada telur dan tidak terdeteksi pada koloni induk. Percobaan yang berikutnya menunjukkan bahwa konsentrasi Thunbergol pada larva planktonik kelihatannya lebih tinggi pada suatu periode yang kurang dari satu minggu, sementara diterpenoid lainnya tetap konstan. Variasi ini menunjukkan bahwa aksi Thunbergol berhubungan dengan waktu, dan mempunyai fungsi yang spesifik (Sammarco dan Coll, 1988).

Contoh yang lainnya ditemukan pada *Lobophytum microbulatum*, di mana telurnya mengandung 3,4-Epoxynephthenol yang tidak ditemukan pada jaringan induk. Sejumlah diterpenoid lainnya terdapat pada tingkat yang sebanding pada telurnya pada kedua tempat. Pada *Sinularia spp* telurnya tidak sebanyak empat spesies yang berbeda dengan gambaran senyawa kimia yang berbeda ditemukan mengandung Pukalide dan sering Epoxyukalide, yang tidak ditemukan pada jaringan karang (Coll *et.al.*, 1988 *dalam* Sammarco dan Coll, 1988). Sebagai tambahan, senyawa ini meningkat konsentrasinya selama periode ovulasi terdahulu (sekitar satu bulan) dan tidak kelihatan setelah telurnya dikeluarkan (Sammarco dan Coll, 1988).

Coll *et al.* (1982) telah mengisolasi senyawa terpen yang bersifat racun dari beberapa karang lunak terutama *Sinularia flexibillis* dan mengamati pertumbuhan karang batu *Pavona cactus* yang hidup berdampingan dengan karang lunak tersebut. Terbukti bahwa pada jarak 30 cm pertumbuhan karang batu tersebut terhambat, sedangkan pada jarak lebih dekat yaitu sekitar 15 cm karang batu tersebut mati. Percobaan ini membuktikan bahwa sifat *allelopatik* tersebut dipakai untuk merebut ruang lingkup dari tetangganya dalam hal ini karang batu.

GLOSARIUM

- Alcyonacea:** Salah satu ordo dari Subkelas Octocorallia yang koloninya tebal, bentuk pertumbuhannya *encrusting*, berlobus, atau tegak dan *arborescent*. Memiliki polip-polip yang panjang dapat ditarik dan dijulurkan atau tidak
- Anthocodia:** Bagian atas, tentakel dari polip yang dalam banyak kasus dapat dimasukkan ke dalam anthosthela atau struktur kalikular/kaliks
- Anthosthele:** Bagian bawah, bagian tebal dari dinding tubuh berpolip di mana anthocodia dapat ditarik secara khusus, biasanya kaku karena adanya spikula/sklerit; mungkin dipersepsikan sama dengan kaliks pada kerangka karang batu.
- Autozoid:** Polip dengan delapan tentakel dan septa yang berkembang dengan baik; tipe polip satu-satunya pada spesies monomorfik/monomorfisme dan tipe utama pada spesies dimorfik/dimorfisme

Axis:	Struktur pendukung utama Gorgonian dan Pennatulace/pena laut; pada yang pertama, mungkin mengandung spikula, terkonsolidasi atau tidak terkonsolidasi, atau berzat tanduk, dengan lebih atau kurang berkapur, dan tidak berspikula
Antler:	Spikula/sklerit yang berbentuk sisik, kecil dan bercabang tak beraturan
Arboresen:	Bentuk pertumbuhan Octocorallia yang bentuknya seperti pohon yang memiliki batang utama dan cabang
Alkaloid:	Alkaloid mencakup senyawa bersifat basa yang mengandung satu atau lebih atom nitrogen, biasanya dalam gabungan, sebagai bagian dari sistem siklik
Double sphere:	Spikula/sklerit berbentuk silinder pendek dengan kedua ujung melebar yang disebut kepala, dan berduri. Jarak antara kedua kepala sangat pendek
Bracket:	Spikula/sklerit berbentuk lengkungan dengan dua tonjolan duri yang panjang dan yang di tengah agak pendek
Branched spindle:	Spikula/sklerit berbentuk kumparan besar dengan salah satu atau kedua ujung bercabang

Calyx/Kaliks:	Penonjolan anthosthele yang seperti mahkota
Capstan:	Spikula/sklerit yang berbentuk batang monoaxial dengan dua uliran tuberkel (<i>tubercles</i>) dan terdapat jumbai-jumbai
Club:	Spikula/sklerit yang membesar di salah satu ujungnya
Caterpillar:	Spikula/sklerit berbentuk seperti kumparan dengan salah satu sisinya berdui
Carbonic anhydrase:	Ensim pada karang yang dapat mempengaruhi kecepatan/laju kalsifikasi pada kerangka karang
Ciliary feeding:	Pengeluaran lapisan mucus pada tentakel Octocorallia yang menjebak partikel organik kecil yang dihembuskan ke mulut oleh rambut-rambut kecil yang disebut cilia
Divarrikata:	Bentuk pertumbuhan bertipe arboresen, cabangnya muncul dari cabang primer, dan menjadi cabang sekunder namun cabangnya tidak rapat
Encrusting:	Bentuk pertumbuhan Octocorallia yang kapitulumnya tanpa tangkai, pertumbuhan koloni merambat dan melekat pada substrat, pada

	permukaan kapitulum terdapat kumpulan lobus berbentuk bulatan atau seperti pematang yang tegak lurus
External brooding:	Spesies Octocorallia yang mengerami telurnya di permukaan tubuhnya
Finger – Biscuitlike:	Spikula/skelrit berbentuk seperti sisik, pipih atau seperti batang yang pipih
Fragmentasi:	Pemecahan koloni karang lunak menjadi kepingan-kepingan yang dijatuhkan pada substrat disekitar koloni induk. Kepingan-kepingan tersebut akan menempel dengan cepat dan berkembang menjadi koloni baru
Flavonoid:	Merupakan salah satu metabolit sekunder, yang mempunyai struktur C6-C3-C6. Setiap bagian C6 merupakan cincin benzen yang terdistribusi dan dihubungkan oleh atom C3 yang merupakan rantai alifatik
Gastrovascular cavity:	Bagian dalam polip yang secara radial dipisahkan/dipartisi oleh septa
Glomerata:	Bentuk pertumbuhan Octocorallia bertipe arboresen dengan cabang primer bergerombol pendek, rapat, dan melekat pada batang utama

Gonokhorik:	Spesies karang (berkoloni atau soliter) yang memproduksi hanya gamet jantan atau betina selama hidupnya
Gametogenesis:	Proses pembentukan gamet pada Octocorallia dan pada organisme lainnya
Hockey – Stick spindle:	Spikula/sklerit berbentuk seperti pemukul olah raga hockey
Hermafrodit:	Spesies karang (berkoloni atau soliter) yang menghasilkan baik gamet jantan atau betina selama hidupnya. Spesies ini memiliki ovary dan sperma yang berkembang pada mesenteris yang sama, pada mesenteris yang berbeda dalam polip yang sama, pada polip yang berbeda dalam koloni yang sama, atau pada waktu yang berbeda dalam koloni yang sama
Heterotrofik:	Sumber nutrisi eksternal pada Octocorallia yang terdiri dari bahan organik partikulat dan terlarut, yang diambil dari kolom air, seperti fitoplankton, zooplankton, ikan kecil, bakteri, protista, bahan tersuspensi lainnya, dan bahan organik terlarut seperti urea dan asam amino

Internal brooding:	Spesies <i>Octocorallia</i> yang mengerami telurnya di dalam tubuhnya
Kapitulum:	Bagian atas koloni, yang merupakan lanjutan dari tangkai, pada yang tidak bertangkai melekat langsung pada substrat dasar (<i>encrusting</i>), kapitulum dapat memiliki polip dimorfik yaitu memiliki autozoid dan Siphonozoid, atau juga hanya memiliki autozoid saja (monomorfik)
Lobus:	Kapitulum yang berbentuk bulatan-bulatan, atau jari
Lobata:	Bentuk pertumbuhan <i>Octocorallia</i> yang bertangkai pendek atau panjang, kapitulum terdiri atas lobus yang berbentuk jari pendek atau tonjolan-tonjolan bulat yang tidak beraturan bentuk maupun ukurannya
<i>Nanipora cf. kamurai</i> :	Spesies dari Ordo Helioporacea, Famili Lithotelestidae yang merupakan fosil hidup yang baru dideskripsikan kembali oleh Miyazaki, Y. dan Reimer, J. D. pada tahun 2015
Needle:	Sklerit yang berbentuk seperti jarum, dan tanpa tonjolan
Natural Products:	Metabolit sekunder dari berbagai bahan sumber termasuk tanaman

	terrestrial, mikroorganisme terrestrial, organisme laut dan mikroorganisme laut
Octocorallia:	Subkelas dari Kelas Anthozoa yang berbentuk koloni, polip yang memiliki delapan tentakel yang ber-pinnules, delapan mesenteri, satu sifonogfili ventralis. Bentik sesil. Semua spesies memiliki banyak elemen kerangka berkapur (calcitic) mikroskopik yang disebut sklerit didalam jaringannya. Dalam bahasa sehari-hari, Octocorallia dikenal sebagai gorgonia, karang lunak, kipas laut, cambuk laut, pena laut, karang bambu, dan karang berharga (<i>precious corals</i>)
Oral disc:	Integumen distal dari polip yang mengelilingi mulut, tertutup oleh cincin tentakel, membentuk atap di atas rongga gastrovascular
Oogenesis:	Proses pembentukan ova atau telur pada Octocorallia atau pada organisme lainnya
Pharynx:	Terusan seperti tabung yang menghubungkan antara mulut dan <i>gastrovascular cavity</i> /rongga gastrovascular

Pinnule	Cabang lateral menjari tentakel pada polip Octocorallia
Polip	Individu koloni Octocorallia
Pedunculus:	Bagian dari polip primer pena laut yang tertanam ke dalam sedimen lunak
Planulasi:	Proses pembentukan planula pada Octocorallia dan pada Hexacorallia
Phagotrophy:	Tentakel pada Octocorallia yang menangkap makanan yang lewat dan memasukkannya dalam mulut di mana makanan itu dicerna
Ototrofik:	Nutrisi yang berasal dari dalam tubuh Octocorallia atau organisme lainnya. Nutrisi ototrofik diperankan oleh mikroalga simbiotiknya, yaitu dinoflagellata dari genus Symbiodinium yang umumnya merujuk ke zooxanthellae
Sclerite/Sklerit:	Elemen kerangka berkapur mesoglea yang terlepas-lepas atau spikula yang bentuknya seperti kumparan atau jarum tebal yang berukuran besar, dengan kedua ujungnya runcing
Scleroblast:	Sel-sel ectodermal mesoglea yang menghasilkan spikula berkapur

Septa:	Bagian radial tidak berkapur (tersusun dari jaringan lunak) pemisah rongg gastrovascular pada polip
Siphonoglyph:	Alur bersilia di salah satu atau kedua ujung mulut Octocorallia yang meluas ke faring dan digunakan untuk membuat aliran air ke faring. Arus air ini penting untuk respirasi dan pemeliharaan tekanan internal pada polip
Siphonozoid:	Polip dengan tentakel tereduksi atau tidak bertentakel dan umumnya filamen septanya juga tereduksi, umumnya lebih kecil dari autosoid. Jenis polip ini juga merupakan salah satu jenis polip yang merujuk pada Octocorallia yang polipnya bertipe dimorfisme/dimorfik
Solenia:	Saluran yang berbatasan dengan gastrodermis yang tertanam pada koenokim dan terhubung dengan rongga pencernaan pada polip
Spicule/Spikula:	Elemen kerangka berkapur pada mesoglea terlepas dari apapun, dan berdiri sendiri, serta memiliki bentuk yang berbeda-beda tergantung

	jenisnya dan dari mana jaringannya diambil pada tubuh Octocorallia.
Stolon:	Ekspansi basal yang merayap, seperti pita atau seperti membran, yang muncul pada polip Stolonifera dan Telestacea
Sclerocytes:	Sel-sel pembentuk sklerit pada Octocorallia
Spindle:	Sklerit yang berbentuk seperti kumparan lurus atau melengkung dengan kedua ujungnya meruncing
Spermatogenesis:	Proses pembentukan sperma pada Octocorallia atau pada organisme lainnya
<i>Taiaroa tauhou</i> :	Alcyonacea satu-satunya dari Section Protoalcyonaria yang berpolip tunggal yang hidup pada substrat lunak
Tentakel:	Bagian dari polip di atas antokodia berbentuk seperti lengan-lengan, berjumlah delapan dengan deretan duri (<i>pinnula</i>) di sepanjang sisi luar. Tentakel selalu bergerak untuk mengalirkan air beserta zat makanan ke dalam rongga mulut
Thorn club:	Spikula/sklerit jenis club dengan bagian kepala yang memiliki tonjolan berduri yang padat

Terpenoid:	Kelompok senyawa organik yang banyak terdapat pada komponen minyak esensial pada banyak tumbuhan, bunga, sedikit hewan, dan juga pada mikroorganisma. Terpen disintesis oleh organisme dari asam asetat melalui proses biokimia lanjutan isopentenyl pyrophosphate. Struktur umumnya disusun oleh sejumlah unit isoprena (unit C 5)
Umbellata:	Bentuk pertumbuhan Octocorallia seperti arboresen tetapi cabang primer dan cabang sekunder yang tersusun menyerupai payung
Tangkai/Stalk:	Bagian koloni yang melekat kuat ke substrat dasar

INDEKS

A

Acabaria sp., 286
Acanthogorgiidae, 21, 42, 54,
55, 66, 176, 190
Alcyoniina, 1, 37, 38, 39, 40,
42, 49, 50, 64, 65, 73, 177
Alcyonium, 9, 45, 48, 132, 177,
208, 211, 215, 217, 219,
222, 248, 282, 287, 295,
343, 349, 383, 386
Alcyonium coralloides, 215,
218, 386
Alcyonium digitatum, 219,
248, 282, 383
Alcyonium jorgei, 132
alkaloid, 321, 345
allelopathic, 326
Anti-HIV, 333
Antipredator, 371
antokodia, 73, 363
antostela, 47, 74
arborescent, 51, 170, 172, 354
arboresen, 45, 46, 255, 256,
356, 357, 364
artemia salina, 279
autotomy, 211

autozooids, 62, 63, 64, 81, 91,
95, 244, 278

B

bamboo coral, 154, 155, 170,
376, 390
Briareum, 18, 49, 187, 195,
337
broadcast spawning, 215, 216,
219, 220, 221, 231, 252
budding, 207, 208, 209

C

Calcaxonia, 1, 38, 39, 40, 42,
52, 64, 66, 73, 152
calicoblasts, 105
Candida albicans, 331
capstan, 108
carbonic anhydrase, 258
Carijoa riisei, 89, 193, 194,
215, 239, 286, 380, 382
cembranoid, 326, 338
Chironephthya, 198, 282, 295
cilliary feeding, 281
Cilliary feeding, 356
CITES, 169, 202, 206, 305

- Cladiella, 44, 45, 48, 83, 125, 195, 197, 215, 219, 287, 295, 302, 336, 343, 349
- Clavularia* sp, 8
- clubs*, 53
- Coralliidae, 20, 57, 66, 157, 158, 173, 174
- Corallium*, 148, 151, 157, 158, 159, 160, 163, 215, 220, 221, 286, 288, 370, 378, 382, 391
- Corallium elatius*, 215, 221
- Corallium rubrum*, 160, 220, 286, 288, 370, 378, 391
- coumarin, 321
- D**
- D. sinaiensis*, 286
- Dendronephthya*, 12, 45, 46, 50, 126, 187, 190, 198, 215, 216, 245, 282, 285, 286, 287, 293, 295, 328, 341, 343, 350, 375, 378
- Dendronephthya hemprichi*, 215, 216, 245, 285, 286, 287, 293, 375
- Dendronephthya sinaiensis*, 293
- Dendronephthya* spp., 286, 287
- dimorfisme, 57, 62, 75, 354, 362
- diterpenes, 327, 328, 335, 339, 340, 342, 370, 377
- divarikata, 45, 255
- dripping, 207
- E**
- elongata*, 278, 280, 281, 340
- encrusting, 43, 44, 49, 74, 102, 107, 111, 255, 354, 359
- epidermis, 257, 283
- Epiphaxum, 9, 60, 61, 114, 115, 116, 117
- Eunicea tourneforti*, 298
- Eunicellin, 336
- external brooding*, 215, 217, 220
- F**
- feeding polyp*, 280
- flavonoid, 321, 345
- flexibilide, 3, 328, 329, 370
- fotosintetik, 282, 303
- G**
- gametogenesis, 217, 239, 245, 247, 248, 250, 252
- Gersemia rubiformis*, 177, 200
- glikosida, 321, 325

glomerata, 44, 45, 255, 256
gonokhorik, 214, 216, 219,
220, 244, 251
gorgonin, 40, 52, 53, 54, 55,
57, 151, 154, 156, 160

H

Haimeidae, 55, 65, 118
Heliopora coerulea, 17, 39, 60,
61, 105, 107, 171, 172,
215, 216, 218, 391
hermaprodit, 214, 220, 251
heterotrofik, 283, 284, 285,
292, 298
Heteroxenia elizabethae, 215,
220, 251, 278
Heteroxenia fuscescens, 3,
195, 220, 248, 249, 293,
383, 388
Holaxonia, 1, 7, 21, 37, 38, 39,
40, 42, 54, 64, 66, 73

I

Inconstantia exigua, 101, 103
internal brooding, 215, 217,
220
Isis hippuris, 31, 155, 156
Isochrysis, 287
Isothiozalone, 343

J

Junceella, 26, 189, 190, 211,
330, 337

K

kaliks, 47, 61, 62, 64, 72, 74,
102, 105, 106, 107, 108,
111, 113, 114, 115, 116,
117, 228, 354
koenenkim, 40, 50, 60, 79, 81,
106, 107, 122, 123, 211,
227, 362

L

leather coral, 260, 265
leaves, 63, 64, 72, 90, 95, 98
Lemnalia, 13, 46, 49, 125, 195,
211, 285, 293, 295, 349
Lemnalia sp., 13, 285
lignin, 321
Litophyton, 13, 211, 212, 219,
245, 327
lobata, 43, 44, 45, 46, 208,
255
Lobophytum, 9, 10, 43, 78, 83,
125, 189, 190, 195, 197,
211, 212, 215, 219, 222,
223, 240, 241, 248, 259,
260, 265, 267, 268, 285,
293, 295, 302, 314, 316,

317, 329, 331, 333, 335,
337, 341, 343, 349, 351,
352, 379, 384, 391
Lobophytum cristagalli, 285,
341
Lobophytum strictum, 240,
241, 259, 260, 265, 267,
268, 314, 316, 317

M

mesentrial filaments, 350
monomorfik, 44, 46, 48, 49,
74, 108, 118, 354, 359

N

Nanipora cf. kamurai, 67, 359
Nannochloropsis, 287
Nephtyigorgia, 198, 283, 295

O

oogenesis, 223, 225, 231, 238,
244
oosit, 217, 223, 225, 227, 228,
230, 233, 234, 238, 240,
241, 244, 249
organic carbon, 285
ototrofik, 291, 292, 361

P

Paragorgiidae, 20, 57, 66, 69,
70, 176
Paralemnalia, 48, 278, 287,
295, 349
Paramuricea clavata, 220,
286, 288, 374
Paramuriceidae, 22, 176
parthogenik, 214
pedal laceration, 208, 214
peduncle, 61, 89, 91, 95, 96,
97, 98
Pennatula, 36, 91, 92, 94, 95,
98, 167, 168, 221, 392
Pennatula aculeata, 98, 167
Pennatula rubra, 167
pennatulacea, 91, 163, 164
pheromone, 322
pinnules, 6, 58, 105, 111, 119,
276, 279, 280, 287, 360
Plexaura flexuosa, 220, 237
popping, 207
precious corals, 163, 221, 360
Primnoidae, 28, 38, 43, 54, 66,
71, 72, 169, 176, 190
Protoalcyonaria, 1, 37, 55, 64,
65, 73, 117, 118, 363, 372
Pseudoplexaura porosa, 220,
298, 329
Pseudoplexaura wagnaari,
298

pseudopterosin, 335
Pteroeides, 37, 91, 93, 94,
164, 167, 168, 392
Pterogorgia anceps, 298

R

rachis, 41, 61, 62, 63, 64, 72,
90, 91, 95, 96, 97, 105
raptorial, 276
Rumphella, 24, 293

S

S. capillosa, 191, 382
S. compressa, 191
S. elongate, 191
S. polydactyla, 191
Sarcophyton trocheliophorum,
285
Sarcophyton, 43, 78, 85, 139,
140, 141, 142, 143, 144,
145, 187, 195, 197, 211,
212, 213, 215, 217, 219,
222, 223, 224, 227, 244,
259, 260, 264, 265, 267,
277, 278, 287, 293, 295,
302, 313, 314, 316, 317,
328, 337, 338, 341, 343,
349, 373, 378, 379, 384,
388

Sarcophyton ehrenbergi, 195,
197
Scleraxonia, 2, 7, 18, 37, 40,
42, 56, 64, 66, 73, 199,
372
Scleronephthya, 14, 283, 286,
295
Semi-Precious Corals, 151, 374
sesquiterpenes, 340
Sinularia, 2, 3, 11, 44, 87, 123,
125, 135, 136, 137, 138,
141, 142, 143, 144, 145,
187, 191, 193, 195, 197,
211, 212, 213, 215, 219,
222, 223, 226, 234, 235,
278, 285, 287, 293, 295,
302, 325, 327, 328, 329,
331, 335, 337, 338, 340,
341, 342, 343, 349, 350,
352, 353, 370, 371, 373,
380, 382, 383, 384, 386,
389, 392
Sinularia capillosa, 285
Sinularia flexibilis, 3, 44, 135,
187, 215, 226, 328, 341,
343, 370, 382
Sinularia microclavata, 285
sinularioliide, 3, 328, 329, 370
siphonozooids, 40, 41, 81, 91
Skeletonema costatum, 282
stalk, 72, 90, 315

steroid, 321, 325, 327, 339,
340, 341, 345
sterol, 324, 340
stolon, 47, 48, 59, 61, 74, 100,
107, 111, 114, 116, 117,
208, 210
Stolonifera, 1, 7, 8, 37, 38, 39,
40, 42, 58, 64, 67, 99,
323, 363
Subselliflorae, 7
super glue gel, 312
Symbiodinium
microadriaticum, 293

T

Taiaroa tauhou, 6, 56, 65, 118,
120, 121, 363, 372
telestacea, 40
terpenoid, 264, 265, 321, 325,
327, 335, 337, 338, 345,
346, 347, 348, 350, 351
Tetraselmis spp., 287
Tripalea clavaria, 199, 200,
215, 238, 376, 385
Tubipora musica, 1, 9, 40, 60,
99, 100, 101, 134, 195

U

uji klinis, 332, 334

uji praklinis, 332
umbellate, 220, 245, 255
underwater epoxy, 312

X

Xenia, 15, 46, 52, 53, 126, 192,
195, 212, 213, 215, 217,
219, 245, 278, 280, 281,
285, 327, 341, 343, 349,
350, 351
Xenia macrospiculata, 220,
327, 343
Xenia viridis, 215
Xeniidae, 15, 40, 42, 51, 59,
66, 187, 191, 194, 195,
198, 276, 278, 323, 324,
349, 380
X-Ray, 255

DAFTAR PUSTAKA

- Abbiati, M., G. Santangelo, S. Novelli, 1993. Genetic variation within and between two Tyrrhenian populations of the Mediterranean alcyonarian *Corallium rubrum*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 95: 245-250, 1993
- Abdelsalam, K.M. 2014. Faunistic study of benthic Pennatulacea (Cnidaria, Octocorallia) from the Northern coast of Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research* Volume 40, Issue 3, 2014, Pages 261-268
- Abeytia, R., H.M. Guzmán, and O. Breedy, 2013. Species composition and bathymetric distribution of gorgonians (Anthozoa: Octocorallia) on the Southern Mexican Pacific coast. *Rev Biol Trop.* 2013 Sep; 61(3):1157-66.
- Aceret, T.L., J.C. Coll, Y.Uchio, & P.W. Sammarco, 1998. Antimicrobial activity of the diterpenes flexibilide and sinulariolide derived from *Sinularia flexibilis* Quoy and Gaimard 1833 (Coelenterata: Alcyonacea, Octocorallia). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology* Volume 120, Issue 1, 1 July 1998, Pages 121-126
- Aceret, T.L., L. Brown, J. Miller, J.C. Coll, & P.W. Sammarco, 1996. Cardiac and vascular responses of isolated rat tissues treated with diterpenes from *Sinularia flexibilis* (Coelenterata: Octocorallia). *Toxicon* Volume 34, Issue 10, October 1996, Pages 1165-1171

- Ahmed, A.F, Y.T. Hsieh, Z.H.Wen, Y.C.Wu, and J.H. Sheu, 2006. Polyoxygenated Sterols from the Formosan Soft Coral *Sinularia gibberosa*. *Nat. Prod.* 69, 1275-1279
- Alderslade, P. & McFadden, C.S., 2007. Pinnule-less polyps: a new genus and species of Indo-Pacific Clavulariidae and validation of the soft coral genus *Acrossota* and the family *Acrossotidae* (Coelenterata: Octocorallia). *Zootaxa*, 1400, 27–44.
- Alderslade, P., 2006. New subfamilies and a new genus and species of Melithaeidae (Coelenterata: Octocorallia: Alcyonacea) with comparative data on the structure of both melithaeid and subergorgiid axes. *Zootaxa* 1199: 19–47 (2006)
- Alderslade, P., F. Althaus, F. Mcennulty, K.G. Holmes & A. Williams, 2014. Australia’s deep-water octocoral fauna: historical account and checklist, distributions and regional affinities of recent collections. *Zootaxa* 3796 (3): 435–452
- Allen & Steene. 1994. Indo-Pacific coral reef field guide. Singapore: Tropical Reef Research
- Alstyne, L.L.V., C.R. Waylie, V.J. Paul, K. Meyer, 1992. Antipredator defenses in tropical Pacific soft corals (Coelenterata: Alcyonacea). I. Sclerites as defenses against generalist carnivorous fishes. *Biol Bull* 182:231–240 Amsterdam, P 133–207
- Amir, F, Y.C. Koay and W.S.Yam, 2012. Chemical Constituents and Biological Properties of the Marine Soft Coral

- Nephtea*: A Review (Part 1). *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. June 2012; 11 (3): 485-498
- Amir, F., Y.C. Koay and W.S. Yam, 2012. Chemical Constituents and Biological Properties of the Marine Soft Coral *Nephtea*: A Review (Part 2). *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. June 2012; 11 (3): 499-517
- Baillon, S., 2014. Characterization and role of major deep-sea pennatulacean corals in the bathyal zone of Eastern Canada. *Thesis Ph.D.* Department of Ocean Sciences and Department of Biology, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland and Labrador, Canada
- Bayer, F.M, 1956. Descriptions and Redescriptions of the Hawaiian Octocorals Collected by the U. S. Fish Commission Steamer "UAlbatross" (2. Gorgonacea: Scleraxonia). *Pacific Science*, Vol. X, January, 1956.
- Bayer, F.M. & K.M. Muzik, 1976. A New Solitary Octocoral, *Taiaroa tauhou* gen. et sp. nov. (Coelenterata: Protoalcyonaria) from New Zealand, *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 6:4, 499-515
- Beiring, E.A. and H.R. Lasker, 2000. Egg production by colonies of a gorgonian coral. *Mar Ecol Prog Ser* 196: 169-177, 2000
- Benayahu, Y. and K. Fabricius, 2010. On Some Octocorallia (Alcyonacea) from Hong Kong, with Description of a New Species, *Paraminabea rubeusa*. *Pacific Science* 64(2):285-296. 2010

- Benayahu, Y. and Y. Loya, 1987. Long-term recruitment of soft-corals (Octocorallia: Alcyonacea) on artificial substrata at Eilat (Red Sea). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 38: 161-167
- Benayahu, Y. and Y. Loya, 2006. Sexual Reproduction of A Soft Coral: Synchronous and Brief Annual Spawning of *Sarcophyton Glaucum* (Quoy & Gaimard, 1833). *Biol. Bull* 170: 32-42 (February, 1986)
- Benayahu, Y., 2012. Octocorals (Cnidaria, Anthozoa) from Reunion, with a description of two new species of the genus *Sinularia* May, 1898 and notes on the occurrence of other species. *Zoosystema* 34 (4): 673-699
- Benayahu, Y., A. Shlagman dan M.H. Schleyer, 2003. Corals of the South-west Indian Ocean: VI. The Alcyonacea (Octocorallia) of Mozambique, with a discussion on soft coral distribution on south equatorial East African reefs. *Zool. Verh. Leiden* 345
- Bhakuni, D.S. and D.S. Rawat, 2005. Bioactive Marine. Anamaya Publishers, New Delhi, India
- Blázquez, A.P., K. Price, S.K. Davy, and J.J. Bell, 2010. Diet Composition of Two Temperate Calcareous Sponges: *Leucosolenia echinata* and *Leucetta* sp. from the Wellington South Coast, New Zealand. *The Open Marine Biology Journal*, 2010, 4, 65-73
- Bohm, F., N. Gussone, S. Reynaud, 2005. Calcium Isotope in Corals – Influence of Temperature and Calcification Rate. *Geophysics Journal*. Vol 7, 05315

- Breedy, O. and J. Cortés, 2008. Octocorals (Coelenterata: Anthozoa: Octocorallia) of Isla del Coco, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. Vol. 56 (Suppl. 2): 71-77*, August 2008
- Bridge, T.L.C, K. E. Fabricius, P. Bongaerts, C. C. Wallace, P. R. Muir, T. J. Done, J. M. Webster, 2012. Diversity of Scleractinia and Octocorallia in the mesophotic zone of the Great Barrier Reef, Australia. *Coral Reefs* (2012) 31:179–189
- Cairns, S.D. dan R.T.S. Cordeiro, 2017. A new genus and species of goldencoral (Anthozoa, Octocorallia, Chrysogorgiidae) from the Northwest Atlantic. *ZooKeys* 668: 1-10 (12 Apr 2017)
- Coma, R., J.M. Gili, M.Zabala, dan T. Riera, 1994. Feeding and prey capture cycles in the aposymbiotic gorgonian *Paramuricea clavata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 115: 257-270, 1994
- Concepcion, G.T., S. E. Kahng, M. W. Crepeau, E. C. Franklin, S. L. Coles, R. J. Toonen, 2010. Resolving Natural Ranges and Marine Invasions in a Globally Distributed Octocoral (Genus *Carijoa*). *Mar Ecol Prog Ser* 401: 113–127, 2010
- Cooper, E.W.T., S.J. Torntore, A.S.M. Leung, T.Shadbolt and C. Dawe, 2011. Guide to the Identification of Precious and Semi-Precious Corals in Commercial Trade. TRAFFIC North America and WWF-Canada. Vancouver.
- Crowther, A.L., 2011. Class Anthozoa Ehrenberg, 1834. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal biodiversity: An outline of*

higherlevel classification and survey of taxonomic richness

- Dahan, M and Y. Benayahu, 1997. Reproduction of *Dendronephthya hemprichi* (Cnidaria: Octocorallia): year-round spawning in an azooxanthellate soft coral. *Marine Biology* (1997) 129: 573-579
- Dai, C.F., 1990. Interspecific competition in Taiwanese corals with special reference to interactions between alcyonaceans and scleractinians. *Mar Ecol. Prog. Ser.* 60: 291-297, 1990
- Daly, M., M.R. Brugler, P. Cartwright, A.G. Collins, M.N. Dawson, D.G. Fautin, S.C. France, C.S. Mcfadden, D.M. Opresko, E. Rodriguez, S.L. Romano & J.L. Stake, 2007. The phylum Cnidaria: A review of phylogenetic patterns and diversity 300 years after Linnaeus. *Zootaxa* 1668: 127–182 (2007)
- Deghrigue, M., A. Dellai, A.Bouraoui, 2013. In Vitro Antiproliferative And Antioxidant Activities of The Organic Extract and Its Semi-Purified Fractions From The Mediterranean Gorgonian *Eunicella singularis*. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* Vol 5, Suppl 2, 2013
- Deghrigue, M., C. Festa, L. Ghribi, M. V.D'Auria, S.De Marino, H.B. Jannet, & A. Bouraoui, 2015. Anti-inflammatory and analgesic activities with gastroprotective effect of semi-purified fractions and isolation of pure compounds from Mediterranean gorgonian *Eunicella singularis*. *Asian*

Pacific Journal of Tropical Medicine Volume 8, Issue 8,
August 2015, Pages 606-611

- Delbeek, J.C. and J. Sprung, 1997. The reef aquarium: a comprehensive guide to the identification and care of tropical marine invertebrates. Volume: 2 Publisher: Ricordea Publishing. Coconut Grove
- Devi, P., S. Wahidulla, T. Kamat, dan L. D'Souza, 2011. Screening marine organisms for antimicrobial activity against clinical pathogens. Indian Journal of Geo-Marine Science Vol.40 (3), June 2011, pp.338 - 346
- Dueñas, L.F. and J.A. Sánchez, 2009. Character lability in deep-sea bamboo corals (Octocorallia, Isididae, Keratoisidinae). *Mar Ecol Prog Ser* 397: 11–23, 2009
- Ecosystems of The World, Vol 25. *Coral Reefs*. Elsevier
- Excoffon, A.C., M.L. Navella, F.H. Acuña, and A.Garese, 2011. Oocyte Production, Fecundity, and Size at the Onset of Reproduction of *Tripalea clavaria* (Cnidaria: Octocorallia: Anthothelidae) in the Southwestern Atlantic. *Zoological Studies* 50(4): 434-442 (2011)
- Fabricius, K., P. Alderslade, 2001. Soft corals and sea fans: a comprehensive guide to the tropical shallow water genera of the central-west Pacific, the Indian Ocean and the Red Sea. Australia Institute of Marine Science, Townsville
- Fabricius, K.E., A. Genin, & Y. Benayahu, 1995. Flow-dependent herbivory and growth in zooxanthellae-free soft corals. *Limnol. Oceanogr.*, 40(7), 1995, 1290-1301

- Fitt, W.K., 1984. The Role of Chemosensory Behavior of *Symbiodinium Microadriaticum*, Intermediate Hosts, And Host Behavior in The Infection of Coelenterates and Molluscs with Zooxanthellae. *Mar Biol* 81:9–17
- Gao, Y., W. Xiao, H.C. Liu, J.R. Wang, L.G. Yao, P.K. Ouyang, D.C. Wang, & Y.W. Guo, 2017. Clavirolide G, a new rare dolabellane-type diterpenoid from the Xisha soft coral *Clavularia viridis*. *Chinese Chemical Letters* Volume 28, Issue 4, April 2017, Pages 905-908
- García, F.A., T.M.L.S. Nuñez, F.A. Ramos, M. Puyanaw, Izabel C.N.P. Paixão, V.L. Teixeira, and L. Castellanos, 2017. Dolabellane diterpenes from the Caribbean soft corals *Eunicea laciniata* and *Eunicea asperula* and determination of their anti HSV-1 activity. Article in *Revista Colombiana de Química* 46(1):5-12 · April 2017
- Garison, V., G. Ward, 2008. Storm – Generated Coral Fragments – A Variable Source of Transplants for Reef Rehabilitation. Elsevier. USA
- George, R.M., N.K. Sanil and T. S. Naomi, 2007. A Qualitative Appraisal of the Soft Corals (Octocorallia: Alcyonacea) Off Mandapam, South India. *Indian J. Fish.*, 54(1): 99-106, Jan.-Mar., 2007
- Goh, B.P.L., G.E. Tan, and L.T. Tan, 2009. Diversity, Distribution and Biological Activity of Soft Corals (Octocorallia, Alcyonacea) in Singapore. *Journal of Coastal Development* Volume 12, Number 2: February 2009: 89 – 98

- González, Y., D.T. Mendoza, G.E. Jones, and P.L. Fernandez, 2015. Marine Diterpenoids as Potential Anti-Inflammatory Agents. *Hindawi Publishing Corporation Mediators of Inflammation* Volume 2015
- Grillo MC, Goldberg WM, Allemand D (1993) Skeleton and sclerite formation in the precious red coral *Corallium rubrum*. *Mar Biol* 117:119–128
- Grossowicz, M and Y. Benayahu, 2012. Differential morphological features of two *Dendronephthya* soft coral species suggest differences in feeding niches. *Mar Biodiv* (2012) 42:65–72
- Hadi, N., 1994. Sekilas Tentang Pena Laut (Pennatulacea). *Oseana*, Volume Xix, Nomor 2: 17-22
- Harder, T., C.K.L. Stanley, D. Sergey, T.K. Fang, & P.Y. Qian, 2003. A distinctive epibiotic bacterial community on the soft coral *Dendronephthya* sp. and antibacterial activity of coral tissue extracts suggest a chemical mechanism against bacterial epibiosis *Microbiology Ecology*, Volume 43, Issue 3, 1 April 2003, Pages 337–347,
- Hardiningtyas, S.D., 2009 Aktivitas Antibakteri Ekstrak Karang Lunak *Sarcophyton* Sp. Yang Difragmentasi dan Tidak Difragmentasi Di Perairan Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu. *Skripsi*. Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Haris, A., 2001. Laju Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Fragmentasi Buatan Karang Lunak (*Octocorallia*:

Alcyonacea) *Sarcophyton Trocheliophorum* Von Marenzeller dan *Lobophytum Strictum* Tixier-Durivault Di Perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Tesis*. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor

- Harper, M.K., T.S. Bugni, B.R. Copp, R.D. James, B.S. Lindsay, A.D. Richardson, P.C. Schnabel, D. Tasdemir, R.M. V. Wagoner, S.M. Verbitski, and C.M. Ireland, 2011. Introduction to the Chemical Ecology of Marine Natural Products *in* *Marine Chemical Ecology* (Editor: McClintock, J.B. and B.J. Baker). Boca Raton London New York Washington, D.C
- Harrison, P.L., C.C. Wallace, 1990. Reproduction, Dispersal and Recruitment of Scleractinian Corals. In: Dubinsky Z (Ed)
- Hoeksema, B.W. and L.P.V. Ofwegen Oceanic distribution ranges and conservation status of extant soft and hard reef coral genera. *Advances in Coral Husbandry in Public Aquariums. Public Aquarium Husbandry Series*, vol. 2. R.J. Leewis and M. Janse (eds.), pp. 427-438
- Janes, M.P., 2008. Advances in Coral Husbandry In Public Aquariums. *Public Aquarium Husbandry Series*, Vol. 2. R.J. Leewis and M. Janse (Eds.), Pp. 61-73
- Janes, M.P., 2008. Husbandry of azooxanthellate soft corals (Anthozoa: Octocorallia) in captivity: preliminary results. *Advances in Coral Husbandry in Public Aquariums. Public Aquarium Husbandry Series*, vol. 2. R.J. Leewis and M. Janse (eds.), pp. 61-73. © 2008 Burgers' Zoo, Arnhem, the Netherlands.

- Janes, M.P., 2013. Distribution and diversity of the soft coral family Xenidiidae (Coelenterata: Octocorallia) in Lembeh Strait, Indonesia. *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies* (Special Issue): 195-200 (2013)
- Jeng, M.S., H.D. Huang, C.F. Dai, Y.C. Hsiao, Y. Benayahu, 2011. Sclerite calcification and reef-building in the fleshy octocoral genus *Sinularia* (Octocorallia: Alcyonacea). *Coral Reefs* (2011) 30:925–933
- Kahng, E.S., Y. Benayahu, D. Wagner, and N. Rothe, 2008. Sexual reproduction in the invasive octocoral *Carijoa riisei* in Hawaii. *BULLETIN OF MARINE SCIENCE*, 82(1): 1–17, 2008
- Kahng, S.E., Y. Benayahu, D. Wagner, and N. Rothe, 2008. Sexual reproduction in the invasive octocoral *Carijoa riisei* in Hawaii. *Bulletin of Marine Science*, 82(1): 1–17, 2008
- Kamel, H.N and M. Slattery, 2005. Terpenoids of *Sinularia*: Chemistry and Biomedical Applications. *Pharmaceutical Biology*. Vol. 43, No. 3, pp. 253–269
- Keifer, P.A. and K.L. Rinehart, Jr., 1986. Renillafoulins, Antifouling Diterpenes from the Sea Pansy *Renilla reniformis* (Octocorallia). *J. Org. Chem.* 1986, 51, 4450-4454
- Kelman, D., Y. Kashman, E. Rosenberg, A. Kushmaro, and Y. Loya, 2006. Antimicrobial activity of Red Sea corals. *Marine Biology* (2006) 149: 357–363
- Kingsley, R.J., J.L. Dupree, 1993. Seasonal localization of a collagenous protein in the organic matrix of sclerites

- from the gorgonian *Leptogorgia virgulata* (Cnidaria: Gorgonacea). *Cell Tiss Res* 273:309–316
- Kobayashi, M., R. Rachmaniar, 1999. Overview of Marine Natural Product Chemistry. Di dalam: Soemodihardjo S, Satari RR, Saono S, editor. *Prosiding Seminar Bioteknologi Kelautan Indonesia I '98. Jakarta 14 – 15 Oktober 1998*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Jakarta. hal. 23 – 32.
- Koh, L.L., T.K. Tan, L.M. Chou, N.K.C. Goh, 2002. Antifungal properties of Singapore gorgonians: a preliminary study. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 273 (2002) 121–130
- Konishi, K., 1981. Alcyonarian spiculite: Limestone of soft corals. *Proc 4th Int Coral Reef Symp* 1:643–649
- Kuncoro, E.B., 2004. *Akuarium Laut*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Lasker, H.R., 2006. High Fertilization Success in a Surface-Mengerami (brooding) Caribbean Gorgonian. *Biol. Bull.* 210: 10–17. (February 2006)
- Les Watling1, Peter J. Auster, 2005. Distribution of deep-water Alcyonacea off the Northeast Coast of the United States. Freiwald A, Roberts JM (eds), *Cold-water Corals and Ecosystems*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp 279-296
- Lewis, J.B., 1982. Feeding behaviour and feeding ecology of the Octocorallia (Coelenterata: Anthozoa). *J. Zool. Lond* (1982) 196,371-384

- Lin, M.C., C.F. Dai, 1997. Morphological and mechanical properties of two Alcyonaceans, *Sinularia flexibilis* and *S. capillosa*. *Zool Stud* 36:58–63
- Lin, Y.Y., Y.H. Jean., H.P. Lee, W.F. Chen, Y.M. Sun, J.H. Su, Y. Lu, S.Y. Huang, H.C. Hung, P.J. Sung, J.H. Sheu, Z.H. Wen, 2013. A Soft Coral-Derived Compound, 11epi - Sinulariolide Acetate Suppresses Inflammatory Response and Bone Destruction in Adjuvant-Induced Arthritis. *PLOS ONE* | www.plosone.org. May 2013 | Volume 8 | Issue 5 | e62926
- Lira, A.K.F., J.P. Naud, P.B. Gomes, A.M. Santos, and C.D. Perez, 2009. Trophic ecology of the octocoral *Carijoa riisei* from littoral of Pernambuco, Brazil. I. Composition and spatio-temporal variation of the diet
- Manuputty, A.E.W., 1991. Mengenal Batu Mulia dari Laut (*Corallium* spp.). *Oseana*, Volume XVI, Nomor 4: 13 - 20
- Manuputty, A.E.W., 1996. Pengenalan Beberapa Karang Lunak (Octocorallia, Alcyonacea), di Lapangan. *Oseana*, Volume XXI, Nomor 4, 1996: 1 – 11
- Manuputty, A.E.W., 2005. Reproduksi dan Propagasi pada Octocorallia. *Oseana*, Volume XXX, Nomor 1, 2005: 21-27
- Manuputty, A.E.W., 2008. Beberapa Aspek Ekologi Oktokoral. *Oseana*, Volume XXXIII, Nomor 2, Tahun 2008: 33–42
- Manuputty, A.E.W., 2010. Sebaran Karang Lunak, Marga *Sinularia* May, 1898 (Octocorallia, Alcyonacea) Di Pulau-

- Pulau Derawan, Kalimantan Timur. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* (2010) 36(2): 211-225
- McChesney, J.D., S.K. Venkataraman, and J.T. Henri, 2007. Plant natural products: Back to the future or into extinction? *Phytochemistry*, 68, pp. 2015-2022.
- McFadden, C.S., S.C. France, J.A. Sánchez, & P. Alderslade, 2006. A molecular phylogenetic analysis of the Octocorallia (Cnidaria: Anthozoa) based on mitochondrial protein-coding sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 41, 513–527.
- Migne, A and D. Davoult, 2002. Experimental Nutrition in the Soft Coral *Alcyonium digitatum* (Cnidaria: Octocorallia): Removal Rate of Phytoplankton and Zooplankton. *Cah. Biol. Mar.* (2002) 43: 9-16
- Miller, K., H. Neil, D. Tracey, 2009. Recent advances in deep-sea coral science and emerging links to conservation and management of deep-sea ecosystems. *Mar Ecol Prog Ser* 397: 1–5, 2009
- Mohammed, R., M.A. Seliem, A.A.T. Mohammed, A. Abed-ElFatah, A.M. Abo-Youssef, M.M. Thabet, 2012. Bioactive Secondary Metabolites from the Red Sea soft coral *Heteroxenia fuscescens*. *International Journal of Applied Research in Natural Products* Vol. 4 (4), pp. 15-27, Jan 2012
- Mol, V.P.L., T.V. Raveendran, P.S. Parameswaran, R.J. Kunnath, and N. Sathyan, 2010. Antifouling sesquiterpene from the Indian soft coral, *Sinularia kavarattiensis* Alderslade and

- Prita. *Indian Journal of Marine Science* Vol.39 (2), June 2010, pp.270-273
- Newton, C.G., S.L. Drew, A.L. Lawrence, A.C. Willis, M.N. P.-Row and M.S. Sherburn, 2014. Pseudopterosin synthesis from a chiral cross-conjugated hydrocarbon through a series of cycloadditions. *Nature Chemistry Advance Online Publication*
- Nisa, C.V., 2011. Perkembangan Oosit Karang Lunak *Sarcophyton Crassocaula* Hasil Fragmentasi Di Gosong Pramuka, Kepulauan Seribu, Jakarta. *Skripsi*. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
- Nonaka, M., M. Nakamura, M. Tsukahara, and J.D. Reimer, 2012. Histological Examination of Precious Corals from the Ryukyu Archipelago. *Journal of Marine Biology* Volume 2012, Article ID 519091, 14 pages
- Nugroho, S.C., 2008. Tingkat Kelangsungan Hidup dan Laju Pertumbuhan Transplantasi Karang Lunak *Sinularia Dura* Dan *Lobophytum Strictum* Di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, Jakarta. *Skripsi*. Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor
- Ocaña, O & P. Wirtz, 2007. New records of Pennatulacea (Cnidaria, Octocorallia) from Madeira island. *Life and Marine Sciences* 24: 49-51.
- Oigmana, S.S., Y.F.M. Fernandes, D. Teles, L.F. Maia, R.A. Epifanio, & C.M.Rezendea, 2015. Brazilian gorgonians: a

- source of odoriferous compounds? *Revista Brasileira de Farmacognosia* 25 (2015) 612–618
- Pasternak, Z., A. Bachar, A. Abelson, Y. Achituv, 2004. Initiation of Symbiosis Between the Soft Coral *Heteroxenia Fuscescens* and Its Zooxanthellae. *Mar Ecol Prog Ser* 279: 113–116, 2004
- Patra, A. and A. Majumdar, 2003. Secondary metabolites of a soft coral (*Nephthea* sp.) of the Bay of Bengal. *Issue in Honor of Prof. (Mrs.) Asima Chatterjee ARKIVOC 2003* (ix) 133-139
- Pérez, C.D. and B.M. Neves, 2007. Cnidaria, Anthozoa, Octocorallia, Anthotelidae, *Tripalea clavaria* (Studer, 1878): Distribution extension, first record for subtropical waters, Bahia, Brazil. *Check List* 2007: 3(1)
- Pérez, C.D., B.M. Neves, R.T. Cordeiro, G.C. Williams, and S.D. Cairns, 2016. Diversity and Distribution of Octocorallia. Goffredo, S. and Dubinsky, Z. (Eds.). *Freshwater & Marine Ecology*. Springer International Publishing Switzerland.
- Pires, D.O., C.B. Castro, and J.C. Silva, 2009. Reproductive biology of the deep-sea pennatulacean *Anthoptilum murrayi* (Cnidaria, Octocorallia). *Mar Ecol Prog Ser* 397:103–112
- Plaza, P.U., R. Mehrotra, C.M. Scott, & J.D. Reimer, 2017. Rare zooxanthellate *Nanipora octocoral* (Helioporacea) in the Gulf of Thailand. *Marine Biodiversity April 2017*

- Priyatmoko, W., 2008. Aktivitas Antibakteri Karang Lunak Hasil Transplantasi (*Sinularia* Sp.) Pada Dua Kedalaman Berbeda Di Perairan Pulau Pramuka Kepulauan Seribu, Dki Jakarta, *Skripsi*. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor
- Putra, M.Y., J.T. Wibowo, T. Murniasih, 2017. A review of chemistry and biological activities of the Indonesian Octocorallia. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 7 (05); 2017: 219-227
- Quintanilla, E., J.M. Gili, P.J.L. González, G. Tsounis, T. Madurell, I. Fiorillo, & S. Rossi, 2013. Sexual reproductive cycle of the epibiotic soft coral *Alcyonium coralloides* (Octocorallia, Alcyonacea). *Aquat Biol* 18: 113–124, 2013
- Ramsby, B.D., K.P. Shirur, R.I. Prieto, T.L. Goulet, 2014. Symbiodinium Photosynthesis in Caribbean Octocorals. PLOS ONE www.plosone.org. September 2014 | Volume 9 | Issue 9 | e106419
- Ramnarinesingh, A., 2016. *Antillogorgia bipinnata* (Bipinnate Sea Plume). *Diversity*, The Online Guide to the Animals of Trinidad and Tobago
- Rasyid, A., 2008. Biota Laut Sebagai Sumber Obat-Obatan Oseana, Volume Xxxiii, Nomor 1, Tahun 2008: 11-18
- Raveendran, T.V. and V.P.L. Mol, 2009. Natural product antifoulants. *Current Science*, Vol. 97, No. 4, 25 August 2009

- Ribes, M., R. Coma, S. Rossi and M. Micheli, 2007. Cycle of gonadal development in *Eunicella singularis* (Cnidaria: Octocorallia): trends in sexual reproduction in gorgonians. *Invertebrate Biology* 126(4): 307–317.
- Ribes, M., R. Coma, S. Rossi, 2003. Natural feeding of the temperate asymbiotic octocoral-gorgonian *Leptogorgia sarmentosa* (Cnidaria: Octocorallia). *Mar Ecol Prog Ser* 254: 141–150, 2003
- Richmond, R.H., 1997. Reproduction and Recruitment In Corals: Critical Links In The Persistence of Reefs. In: Birkeland, C. (Ed) *Life and Death of Coral Reefs*. Chapman Hall, New York, P 75–87
- Riddle, D., 2008. Feature Article: Coral Reproduction, Part Two: Asexual Reproductive Modes of Captive Corals and Anemones. *Advanced Aquarists* Volume VII › August 2008
- Rocha, J., L. Peixe, N.C.M. Gomes and R. Calado, 2011. Cnidarians as a Source of New Marine Bioactive Compounds—An Overview of the Last Decade and Future Steps for Bioprospecting. *Mar. Drugs* 2011, 9, 1860-1886
- Sabdaningsih, A., O. Cristianawati, M.T. Sibero, H. Nuryadi, O.K. Radjasa, A. Sabdono, and A.Trianto, 2017. Screening Antibacterial Agent from Crude Extract of Marine Derived Fungi Associated with Soft Corals against MDR *Staphylococcus haemolyticus*. *Earth and Environmental Science* 55 (2017) 012026

- Sabdono, A. and O.K. Radjasa, 2006. Antifouling activity of bacteria associated with soft coral *Sarcophyton* sp. Against marine biofilmforming bacteria. *Jurnal of Coastal Development* Volume 10. Number 1, October, 2006: 55 - 62
- Salm, J.L.V., N.G. Wilson, B.A. Vesely, D.E. Kyle, J.Cuce, and B.J. Baker, 2014. Shagenes A and B, New Tricyclic Sesquiterpenes Produced by an Undescribed Antarctic Octocoral. *Org. Lett.* 2014, 16, 2630–2633
- Schlichter, D, A. Svoboda and B. P. Kremer, 1983. Functional autotrophy of *Heteroxenia fuscescens* (Anthozoa: Alcyonaria): carbon assimilation and translocation of photosynthates from symbionts to host. *Marine Biology* 78, 29 38 (1983)
- Schleyer, M.H., A. Kruger & Y. Benayahu, 2004. Reproduction and the unusual condition of hermaphroditism in *Sarcophyton glaucum* (Octocorallia, Alcyoniidae) in KwaZulu-Natal, South Africa. *Hydrobiologia* 530/531: 399–409
- Schuhmacher, H., 1997. Soft corals as reef builders. *Proc 8th Int Coral Reef Symp* 1:499–502
- Seah, J.Z.S., N.W.L. Yap, L.T.Tan, and B.P.L. Goh, 2015. Distribution and Abundance of Octocoral (Octocorallia, Alcyonacea) Communities at Three Southern Islands of Singapore. *Ocean Sci. J.* (2015) 50(2):299-306
- Sella, I and Y. Benayahu, 2010. Rearing cuttings of the soft coral *Sarcophyton glaucum* (Octocorallia, Alcyonacea):

- towards mass production in a closed seawater system. *Aquaculture Research*, 2010, 41, 1748-1758
- Seo, Y.S., S.J. Hwang, and J. Im Song, 2008. Sexual Reproduction of *Anthoplexaura dimorpha* (Gorgonacea: Octocorallia) from Munseom, Jejudo Islands, Korea. *Animal Cells and Systems* 12: 231-240, 2008
- Servetto, N., C. Lagger, M. Tatián, L. Torre, S.A. Jofré, M. Demarchi, S. Tarantelli, M.P. Wiernes, and R. Sahade, 2008. Reproduction Patterns of the “Sea Pen” *Malacobelemnion Daytoni* (Octocorallia, Pennatulacea, Kophobelemnidae) at Potter Cove
- Servetto, N., L.Torre & R. Sahade, 2013. Reproductive biology of the Antarctic “sea pen” *Malacobelemnion daytoni* (Octocorallia, Pennatulacea, Kophobelemnidae). *Polar Research* Published online: 06 Aug 2013.
- Setyawan, E., 2008. Perkembangan gamet karang lunak *Sinularia dura* hasil transplantasi di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Skripsi*. Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor
- Sharifi, S. and S. Safaeian, 2015. Anti-inflammatory effect of lipid extract of sea pen (*Virgularia gustaviana*) in mice. *Asian J Pharm Clin Res*, Vol 8, Issue 2, 2015, 332-334
- Shen, L.F., 2014. Bioactive Natural Products From The Soft Coral, *Sinularia* sp. (Thesis). Faculty of Science and Engineering Universiti Tunku Abdul Rahman

- Sherwood, O.A., R.E. Thresher, S.J. Fallon, D.M. Davies, 2009. Thomas W. Trull², 4 Multi-century time-series of ¹⁵N and ¹⁴C in bamboo corals from deep Tasmanian seamounts: evidence for stable oceanographic conditions. *Mar Ecol Prog Ser* 397: 209–218, 2009
- Simpson, A., 2006. Reproduction in Octocorals (Subclass Octocorallia): A Review of Published Literature. University of Maine, Darling Marine Center
- Smith, W.L., 2004. Influence of Water Motion on Resistance of Corals to High Temperatures: Evidence from a Field Transplant Experiment. Academic Press
- Suharsono dan W. Kiswara, 1984. Kematian Karang Alami di Laut Jawa. *Oseana*. Pusat Penelitian Biologi Laut. LON-LIPI Jakarta, 9 (1): 31-40.
- Sun, Z., J.F. Hamel, and A. Mercier, 2011. Planulation, larval biology, and early growth of the deep-sea soft corals *Gersemia fruticosa* and *Duva florida* (Octocorallia: Alcyonacea). *Invertebrate Biology* 130(2): 91–99.
- Sunarto, 2008. Penyediaan Energi Karbon dalam Simbiosis Coral-Alga. *Karya Ilmiah*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran
- Tambutté, S. and C.Ferrier-Pagè, 2008. Effect of light and feeding on coral calcification. *Advances in Coral Husbandry in Public Aquariums*. Public Aquarium Husbandry Series, vol. 2. R.J. Leewis and M. Janse (eds.), pp. 27-29 © 2008 Burgers' Zoo, Arnhem, the Netherlands.

- Tjahjadi, M., 2011. Kajian Perkembangan Oosit Karang Lunak *Lobophytum Strictum* Non Fragmentasi dan Fragmentasi Buatan di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu. *Skripsi*. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
- Toh, T.C., C.S.L. Ng, K.B.Toth, L.A. Rosli, D. Taira, H. Loke and L.M. Chou, 2015. Mass brooding of the blue octocoral, *Heliopora coerulea* on a sedimented equatorial reef. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 2016 Vol. 49, No. 1, 69–74
- Tsounis, G., S. Rossi, J. Laudien, L. Bramanti, N. Ferna´ndez, J.M. Gili, and W. Arntz, 2005. Diet and seasonal prey capture rates in the Mediterranean red coral (*Corallium rubrum* L.). *Marine Biology* (2005)
- van Ofwagen, L.O. Breedy; and S.Cairns, 2012. Octocorallia-Octocorals
- Vargas, S., H.M. Guzman and O. Breedy, 2008. Distribution patterns of the genus *Pacifigorgia* (Octocorallia: Gorgoniidae): track compatibility analysis and parsimony analysis of endemicity. *Journal of Biogeography (J. Biogeogr.)* (2008) 35, 241–247
- Walker, A and G. D. Bull, 1983. Newly discovered method of reproduction in gorgonian coral. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 12: 137-143, 1983
- Wijgerde, T., 2013. Coral Feeding: An Overview *Advanced Aquarists* Volume XII › December 2013

- Williams G.C, B.W Hoeksema, L.P. van Ofwegen, 2012. A fifth morphological polyp in Pennatulacean Octocorals, with a review of polyp polymorphism in the genera Pennatula and Pteroeides (Anthozoa: Pennatulidae). *Zool Stud* 51:1006–1017
- Williams, G.C., 1988. A review of the endemic southern African soft coral genus *Pieterfaurea* Verseveldt & Bayer, 1988 (Octocorallia: Nidaliidae), with descriptions of three new species
- Williams, G.C., 2011. The Global Diversity of Sea Pens (Cnidaria: Octocorallia: Pennatulacea). *PLoS ONE* 6(7): e22747. doi: 10.1371/journal.pone.0022747
- Wright, A.D., J.L. Nielson, D.M. Tapiolas, C.H. Liptrot and C.A. Motti, 2012. A Great Barrier Reef *Sinularia* sp. Yields Two New Cytotoxic Diterpenes *Mar. Drugs* 2012, 10, 1619-1630
- Yacobovitch, T., 2001. Acquisition of Zooxanthellae By A Sexually-Produced Aposymbiotic off Spring of The Soft Coral *Heteroxenia Fuscescens*. *M.Sc Thesis*, Tel-Aviv University Husbandry of Azooxanthellate Soft Corals (Anthozoa: Octocorallia) In Captivity: Preliminary Results
- Yasuda, N, K., K.Nadaoka, T. Takino, M. Kimura, S. Nagai, C. Lian, 2010. A Preliminary Study on Early Life Ecology of Blue Coral, *Heliopora Coerulea* (Alcyonaria: Coenothecalia) Assessed by Microsatellite Variation
- Yesson, C., M.L. Taylor, D.P. Tittensor, A.J. Davies, J. Guinotte, A.Baco, J. Black, J.M. Hall-Spencer and A.D. Rogers,

2012. Global habitat suitability of cold-water Octocorals. *Journal of Biogeography (J. Biogeogr.)* (2012) 39, 1278–1292
- Young Cho, I and J. Im Song,, 2005 Reproductive Biology, Embryogenesis and Larval Development of The Gorgonian *calicogorgia Granulosa* (Gorgonacea: Plexauridae)
- Zheng, B., 2009. Pharmacokinetic Evaluation of Investigational Agents Obtained from Bioactive Marine Natural Products, Chemical Synthesis and Reformulation. (Ph.D Dissertation). A Dissertation Submitted to the Graduate Faculty of The University of Georgia in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree. Athens, Georgia