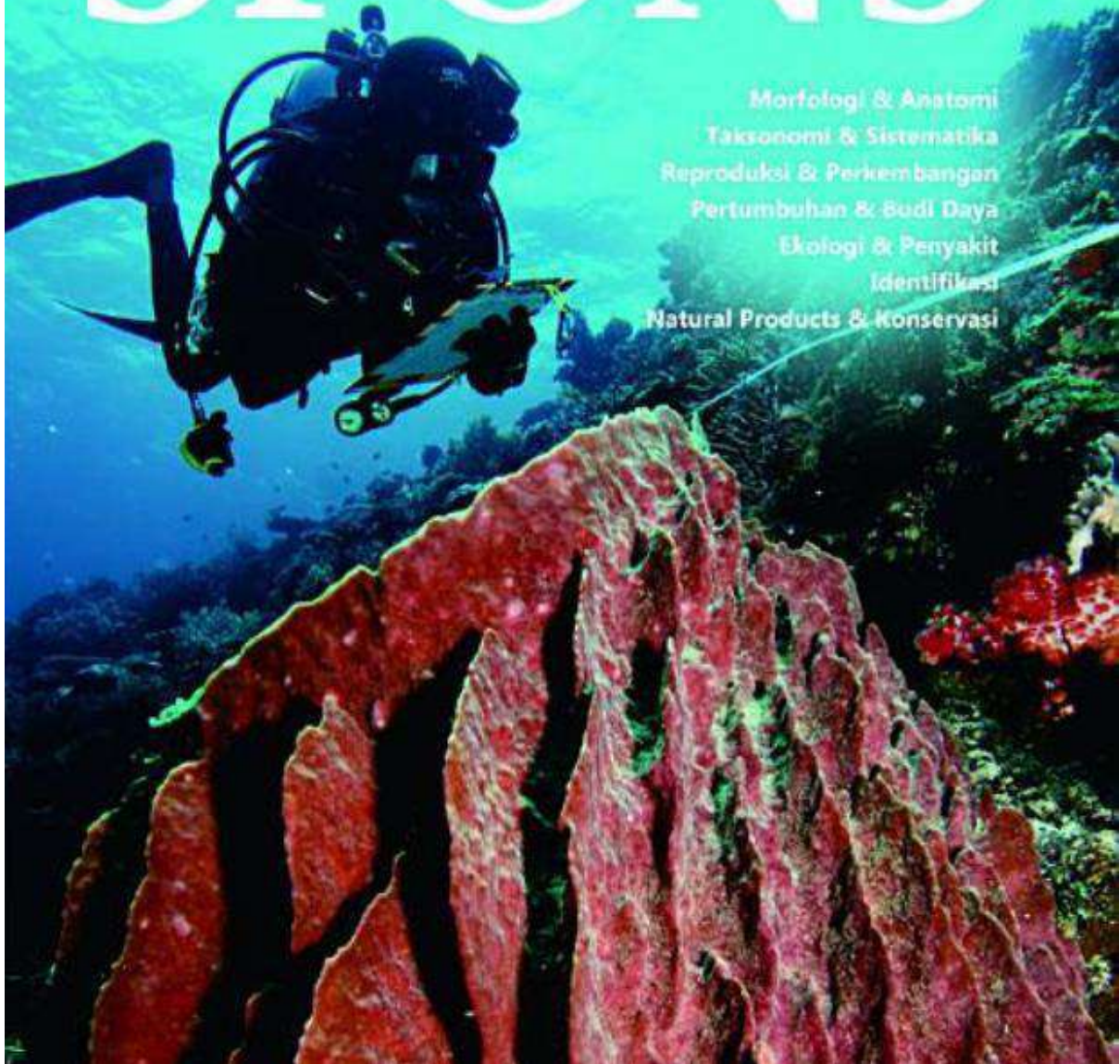


Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si.

Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.

SPONS

Morfologi & Anatomi
Taksonomi & Sistematika
Reproduksi & Perkembangan
Pertumbuhan & Budi Daya
Ekologi & Penyakit
Identifikasi
Natural Products & Konservasi





PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II MORFOLOGI DAN ANATOMI	11
A. Karakter Morfologi dan Anatomi Spons	12
1. Morfologi dan Anatomi Kelas Calcarea	14
2. Morfologi dan Anatomi Kelas Demospongiae	18
3. Morfologi dan Anatomi Kelas Hexactinellida	22
4. Morfologi dan Anatomi Kelas Sclerospongiae	31
B. Lapisan Epithelium pada Spons	40
1. Lapisan Epithelium Pinacoderm	40
2. Lapisan Epithelium Choanoderm	45
C. Tipe-Tipe Sel Lain pada Spons	47
1. Tipe Sel Pembentuk Kerangka	47
2. Tipe Sel Kontraktil	51
D. Struktur Tubuh dan Sistem Saluran Air	53
1. Struktur Tubuh Spons	53
2. Sistem Saluran Air Spons	56
E. Sistem Kerangka dan Spikula	60
BAB III SISTEMATIKA	89
A. Sejarah Taksonomi Spons	90
B. Filogenetik Spons	91
1. Evolusi dan Jejak Mitokondrial Spons	92
2. Status Spons: Monofiletik, Parapiletik atau Polifiletik?	94
C. Sistematika Spons	98
D. Deskripsi Taksonomi Spons	111
1. Kelas Demospongiae Sollas, 1885	111
2. Kelas Calcarea Bowerbank, 1864	160

3. Kelas Hexactinellida Schmidt, 1870	176
4. Kelas Archaeocyatha Bornemann, 1884	192
BAB IV REPRODUKSI DAN PERKEMBANGAN	197
A. Reproduksi Aseksual	198
B. Reproduksi Seksual	203
1. Seksualitas Spons	203
2. Tingkat Perkembangan Gamet	204
3. Fertilisasi	223
4. Cara Reproduksi	229
5. Embriologi Spons	229
6. Mekanisme yang Mengontrol Reproduksi	243
BAB V PERTUMBUHAN DAN BUDIDAYA	247
A. Pertumbuhan Spons	248
1. Bentuk Pertumbuhan	250
2. Metode Pengukuran Pertumbuhan	256
3. Laju Pertumbuhan dan Sintasan	259
4. Pertumbuhan dan Perkembangan Oskula	263
5. Pertumbuhan dan Habitat	264
6. Pertumbuhan dan Mikrosimbion	265
7. Pertumbuhan dan Regenerasi Fragmen	266
B. Metode Budidaya Spons	271
1. Menggunakan Tali Polyetilen dan Bingkai PVC	271
2. Menggunakan <i>Cultivation Set-Up</i>	273
3. Metode Tali Horizontal, <i>Live Rock</i> , dan Substrat Buatan	273
4. Metode Jaring dan Tali Polyetilen Sebagai Substrat Pelekatan	276
5. Metode Cakram Beton (<i>Concrete Disk Method</i>)	277
6. Metode Bottom Set (<i>Bottom Set Method</i>)	278
7. Metode Rakit Vertikal (<i>Vertical Raft Method</i>)	278
8. Metode Botol Apung (<i>The Floating Bottle Method</i>)	279
9. Metode Tali Horizontal (<i>Horizontal Line Method</i>)	280
10. Metode Shish Kebab (<i>Shish Kebab Method</i>)	281
11. Metode Jaring dan Tali Ulir	283
12. Metode Substrat Batu Bata (<i>Brick</i>)	284
13. Metode Baki Budi Daya (<i>Cultivation Trays</i>)	285
14. Metode Bioreaktor	286

BAB VI	EKOLOGI DAN PENYAKIT	289
A.	Jenis-Jenis Makanan dan Kebiasaan Makan Spons	290
1.	Jenis-Jenis Makanan Spons	290
2.	Cara Makan Spons	292
B.	Biota Asosiasi Spons	301
1.	Makrobiota Asosiasi Spons	301
2.	Mikrobiota Asosiasi Spons	308
C.	Penghasil Sedimen Biogenous	310
D.	Sedimentasi dan Spons	315
E.	Biofilter dan Spons	316
F.	Penyakit Spons	318
1.	Jenis dan Gejala Penyakit Spons	318
2.	Patogen dan Etiologi Penyakit Spons	326
G.	Sumber Material Biomimetik	330
BAB VII	IDENTIFIKASI SPONS	337
A.	Bentuk Spons	338
1.	Istilah-Istilah yang Berhubungan dengan Bentuk Spons	338
2.	Berbagai Istilah (<i>Miscellaneous Terms</i>)	344
3.	Dimensi Spons	344
B.	Konsistensi	345
1.	Konsistensi Umum	345
2.	Reaksi Jika ditekan	345
3.	Karakteristik Saat Robek atau Rusak	345
C.	Permukaan	346
1.	Profil Tampilan	346
2.	Proyeksi	347
3.	Rambut (Rambut Terdiri dari Proyeksi Spikula Melalui Permukaan)	349
4.	Lekukan (<i>Depressions</i>)	351
5.	Fitur di Bawah Permukaan (<i>Subsurface Features</i>)	353
6.	Perasaan (<i>Feel</i>)	354
D.	Anatomi dan Kerangka (<i>Skeleton</i>)	355
1.	Istilah Anatomi	355
2.	Komponen Kerangka	356
3.	Pengaturan Kerangka (<i>Skeleton Arrangements</i>)	357

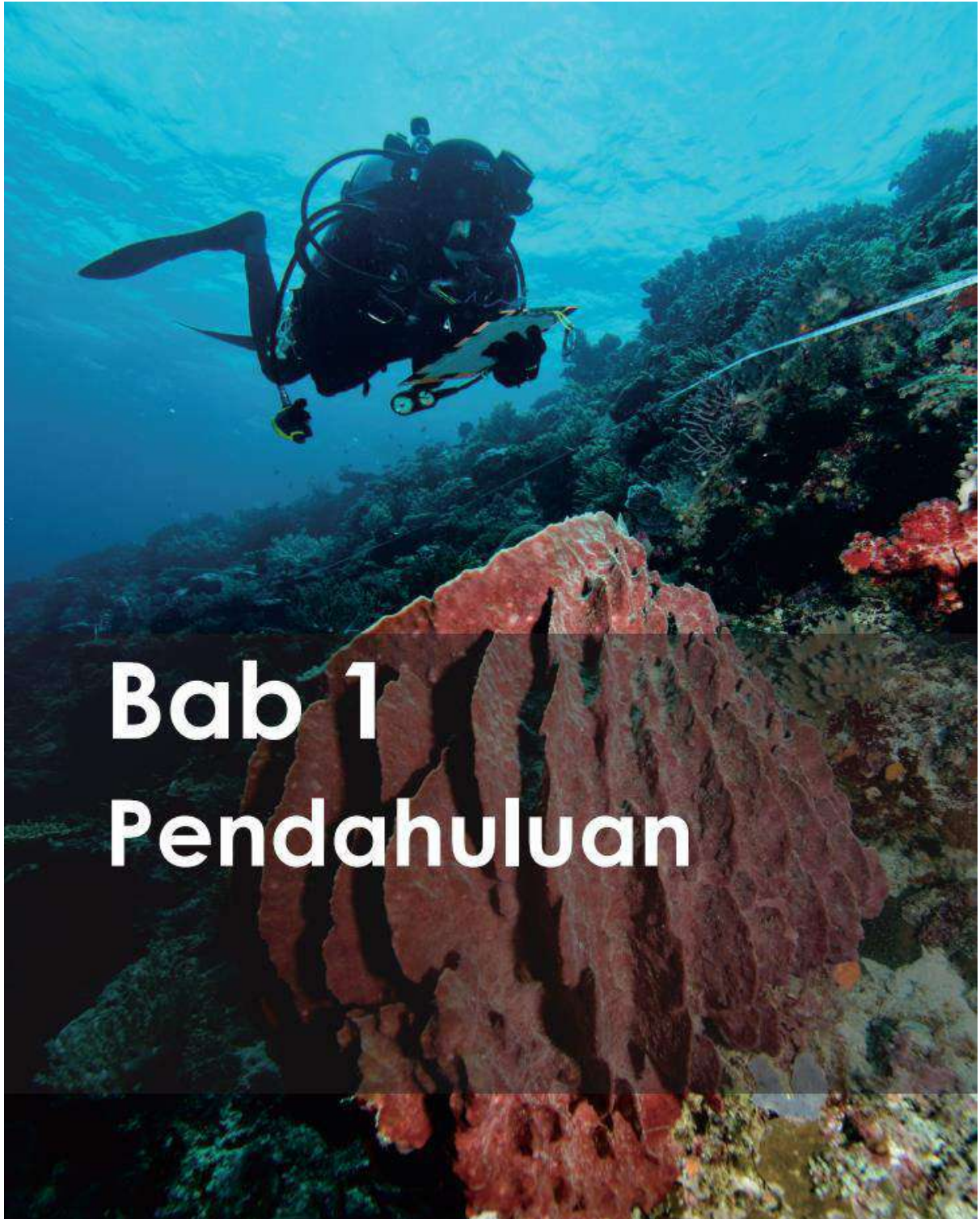
E. Tata Cara Mengidentifikasi Spons	360
1. Identifikasi Spons Secara Makroskopis	360
2. Identifikasi Spons Secara Mikroskopik	421
3. Identifikasi Spons Berdasarkan Kerangka dan Spikulanya	430
BAB VIII NATURAL PRODUCTS DAN KONSERVASI	473
A. <i>Natural Products</i>	474
1. Senyawa Antibakteri	475
2. Senyawa Antijamur	479
3. Senyawa Antikanker	481
4. Senyawa Antivirus	486
5. Senyawa Antioksidan	489
6. Senyawa Anti-inflamasi	491
7. Senyawa Antibiotik	494
8. Senyawa Antimalaria	495
9. Senyawa Aktif Secara Ekologi	499
B. Konservasi Global Spons	501
1. Konservasi Spons di Kanada	505
2. Konservasi Spons di Aegean Ecoregion	508
C. Konservasi Spons di Indonesia	512
DAFTAR PUSTAKA	519
GLOSARIUM	553
INDEKS	581
TENTANG PENULIS	591



- Gambar 2.1 Kelas Calcarea, subkelas Calcaronea
- Gambar 2.2 Kelas Calcarea, subkelas Calcinea
- Gambar 2.3 Spikula spons kelas Calcarea
- Gambar 2.4 Spikula calcinea
- Gambar 2.5 Spikula monoaxon
- Gambar 2.6 Spikula hexactinal pada spons kaca
- Gambar 2.7 Spons kaca jenis Aphrocallistes
- Gambar 2.8 Spons kaca jenis Euplectella sp.
- Gambar 2.9 Kelas Hexactinellida
- Gambar 2.10 Spicula Hexactinellida
- Gambar 2.11 Gambar skematik kerangka padat pada Hexactinellida
- Gambar 2.12 Farrea omniclavata, sp. Nov., tubuh dan kerangkanya
- Gambar 2.13 Farrea omniclavata, sp. nov., spikula SEM
- Gambar 2.14 Rangka basal kalsium karbonat pada Sclerospongia
- Gambar 2.15 Representasi tiga dimensi Ceratoporella
- Gambar 2.16 Stromatospongia norae
- Gambar 2.17 Membran dermal Ceratoporella nicholsoni dan Stromatospongia norae
- Gambar 2.18 Kerangka dan jaringan hidup Stromatospongia norae
- Gambar 2.19 Choanocyte chambers (CC) dan saluran aquiferous pada Stromatospongia norae
- Gambar 2.20 Pinacoderm dan pinacocytes
- Gambar 2.21 Transmission Electron Microscopy (TEM) pada sel penghubung (panah) di antara endopinacocytes pada Oscarella lobularis (Homoscleromorpha). Skala bar 3 μ m
- Gambar 2.22 TEM pada membran basal (kepala panah) dibawah endopinacocytes pada Oscarella tuberculata (Homoscleromorpha). n nukleus, v vakuola. Skala bar 3 μ m
- Gambar 2.23 Ostia spons
- Gambar 2.24 Endopinacocytes
- Gambar 2.25 Ilustrasi diagramatik dinding tubuh spons
- Gambar 2.26 Lophocytes



- Tabel 2.1 Spikula dari *Brattegardia nanseni*
- Tabel 2.2 Spikula dari *Clathrina pellucida*
- Tabel 2.3 Spikula dari *Grantia* sp. nov.
- Tabel 6.1 Rata-rata jumlah fauna per volume spons (n/liter) yang berasosiasi dengan tiga spesies spons pada tahun 1989 dan 1990
- Tabel 8.1 Senyawa antibakteri yang dihasilkan oleh spons
- Tabel 8.2 Senyawa antibakteri yang dihasilkan oleh mikroorganisme asosiasi dari spons
- Tabel 8.3 Senyawa antifungi yang dihasilkan oleh spons
- Tabel 8.4 Senyawa antifungi yang dihasilkan oleh mikroorganisme asosiasi dari spons
- Tabel 8.5 Metabolit sekunder spons yang memiliki sifat sebagai antikanker dan memiliki aktifitas biologi NRPs, serta sudah diuji secara klinis
- Tabel 8.6 Senyawa antivirus yang berasal dari spons
- Tabel 8.7 Senyawa anti-inflamasi yang berasal dari spons
- Tabel 8.8 Senyawa antibiotik yang dihasilkan bakteri atau jamur yang berasosiasi dengan spons
- Tabel 8.9 Aktivitas antiplasmodial invitro ekstrak spons laut terhadap *Plasmodium falciparum* Strain W2
- Tabel 8.10 Spons Mediterania termasuk dalam daftar spesies langka dan terancam (Lampiran II) dan spesies yang diatur eksploitasinya (Lampiran III) di bawah Konvensi Bern dan Konvensi Barcelona



Bab 1

Pendahuluan

Spons termasuk ke dalam filum porifera. Porifera berarti pemilik pori-pori atau *pore bearers* (poros = pori atau saluran dan feres = memiliki) (Romimohtarto dan Juwana, 1999). Hewan ini merupakan metazoa multiseluler yang tergolong ke dalam filum porifera. Filum porifera terdiri dari sekitar 5000 spesies (Minale, 1994), bahkan mencapai 9000 spesies (Harper *et al.*, 2001) hingga 15.000 spesies (Hooper dan van Soest 2002) yang dapat dibagi menjadi tiga kelas besar, yaitu Calcarea, Demospongiae, dan Hexactinellida. Demospongiae adalah yang paling banyak ditemukan, tersebar luas, dan merupakan spons yang terdiri dari spesies-spesies yang paling beragam dan telah mendapat perhatian relatif banyak dari ahli kimia dan ahli biokimia (Minale, 1994; Hooper *et al.*, 2002), ditambah satu kelas yang sudah punah, yaitu kelas Stomatoporoidea (Cook, 2002) dan satu kelas lagi yang belum lama ini dideskripsikan adalah kelas Homoscleromorpha (Gazave *et al.*, 2012). Hewan ini sangat primitif, fungsi jaringan dan organnya masih sangat sederhana. Sebagian besar hidup di laut dan hanya beberapa spesies yang hidup di air tawar. Hidupnya menetap pada suatu habitat pasir, bebatuan atau juga pada karang di bawah laut. Kelompok hewan ini mempunyai banyak saluran (Amir dan Budiyanto, 1996; Romimohtarto dan Juwana, 1999; Osinga *et al.*, 1999). Pada fase larva, spons masih sebagai hewan yang bersifat planktonik. Fase ini dijalani beberapa hari, sebelum menetap sebagai hewan bentik yang menetap (sesil).

Spons termasuk hewan multiseluler yang mana fungsi jaringan dan organnya masih sangat sederhana. Lapisan *pinacoderm*-nya mengandung ostium (ostia = jamak). Melalui ostium inilah air dan makanan berupa bahan-bahan tersuspensi dan terlarut diisap dan disaring oleh sel-sel *choanocytes* yang memiliki bulu getar (sel-sel *collar*), kemudian air tersebut dipompakan keluar melalui oskulum (oskula = jamak). Sistem pengisapan dan penyaringan air ini terjadi juga pada spons yang memiliki sistem saluran air yang lebih rumit, di mana sistem aliran air tersebut melalui sel-sel *collar* sebelum keluar melalui oskulum (Amir dan Budiyanto, 1996). Salah satu sel pada spons yang berperan dalam menghasilkan arus atau menggerakkan air yang masuk ke tubuh spons adalah sel *choanocyte*. Sel ini memiliki flagela dan sel-sel leher (*collars*) yang berperan menghasilkan arus atau aliran air di dalam sistem saluran air pada spons. Selain itu, sel ini juga berperan dalam menangkap sel sperma yang masuk melalui sistem saluran air, kemudian sel ini mentransfer sel sperma tersebut melalui *nurse cells* bertemu dengan sel telur di dalam *mesohyl*, sehingga terjadi fertilisasi secara internal di dalam tubuh spons.

Spons tidak memiliki organ dan jaringan yang sebenarnya, sebagai gantinya adalah sistem saluran air yang kompleks dan memiliki sel-sel

khusus yang bergerak, yang memiliki banyak fungsi termasuk mencari makan, respirasi, dan reproduksi (Simpson, 1984). Pada sistem saluran airnya atau di dalam tubuhnya banyak hidup fauna intraspons. Fauna intraspons yang hidup di dalam tubuh spons *Spherospongia vesparia*, antara lain beberapa spesies ikan, belasan decapoda, dan beberapa spesies amphipoda, isopoda, polychaeta, sipuncula, dan cirripedia (Westinga dan Hoetjes, 1981). Selain itu, di dalam tubuh spons terdapat juga mikrosimbion yang umumnya cyanobakteri hidup di dalam sel atau di antara sel-sel spons. Cyanobakteri berperan sebagai simbion yang memiliki hubungan simbiotik saling menguntungkan (mutualisme) dengan spons. Cyanobakteri mendapat tempat/habitat yang baik di dalam tubuh spons dan juga mendapatkan nutrisi hasil ekskresi sel-sel spons secara langsung di dalam tubuh spons, sedangkan spons mendapatkan keuntungan tersuplai oksigen hasil fotosintesis cyanobakteri tersebut. Peran lain dari cyanobakteri bersama dengan bakteri asosiasi lainnya yang ada di dalam tubuh spons diduga membantu spons dalam memproduksi senyawa bioaktif dan spesies senyawa-senyawa lainnya, yang berperan dalam menangkal serangan predator dan bakteri patogen.

Secara ekonomi, penggunaan dari produknya yang paling terkenal adalah pemanfaatannya sebagai bahan untuk membersihkan badan saat mandi. Spons yang dipakai untuk tujuan ini adalah *bath spons* dari spesies *Hippospongia communis*, *Spongia officinalis*, dan beberapa genera *hippospongia* dan *spongia* yang lainnya. Spons ini banyak terdistribusi di Laut Mediterania dan banyak dibudidayakan untuk tujuan komersial. Penggunaan produk lainnya dari spons adalah pemanfaatannya sebagai sumber senyawa aktif untuk industri pertanian, kimia, dan farmasi. Sampai saat ini sudah ribuan senyawa aktif yang dihasilkan dari spons laut. Uji-uji aktivitas senyawa yang dihasilkannya sudah banyak dilakukan oleh peneliti, misalnya sebagai antimikroba, antitumor, antikanker, dan aplikasi lainnya untuk penyembuhan penyakit-penyakit tertentu. Ribuan senyawa yang dihasilkan dari spons ada yang baru tahap *skinning* senyawa aktif, uji praklinis, uji klinis tahap I, uji klinis tahap II, uji klinis tahap III, dan beberapa sudah dimanfaatkan oleh manusia untuk menyembuhkan suatu penyakit tertentu.

Beberapa tahun terakhir ini peneliti kimia memperlihatkan perhatian pada spons karena keberadaan senyawa bahan alam yang dikandungnya. Senyawa bahan alam ini banyak dimanfaatkan dalam bidang farmasi dan harganya sangat mahal dalam katalog hasil laboratorium (Chanas *et al.*, 1996; Pronzato *et al.*, 1999; Caralt *et al.*, 2003; Jimenez *et al.*, 2009). Ekstrak metabolit dari spons mengandung senyawa bioaktif yang diketahui



Bab 2

Morfologi dan Anatomi

A. Karakter Morfologi dan Anatomi Spons

Spons dewasa pada umumnya tidak mampu bergerak karena merupakan hewan bentik yang sesil atau menetap. Kelangsungan hidupnya sebagian besar tergantung pada kualitas air di sekitarnya dan banyaknya sedimen yang mengendap pada permukaan tubuhnya. Spons memperoleh oksigen, nutrisi, dan mineral untuk pembentukan kerangkanya berasal dari kolom air dan mengeluarkan limbah organik atau mineral yang dihasilkan oleh metabolismenya kembali ke dalam air. Air bergerak terus-menerus melalui spons, oksigennya, garam mineral, dan tingkat nutrisi organik dapat berubah serta bervariasi secara kualitatif maupun kuantitatif. Setiap spesies spons memiliki bentuk dan anatomi yang sesuai untuk lingkungan spesifiknya dan kondisi hidrodinamika perairan di mana spons itu hidup. Sebagai contoh, pada perairan pantai yang dangkal dengan arus yang kuat serta ombak dan gelombang besar, kita dapat menemukan spesies spons yang bertubuh lunak atau bentuk pertumbuhannya mirip cambuk yang fleksibel, secara harfiah dapat digerakkan oleh arus. Pada perairan yang lebih dalam di mana pergerakan pada kolom air kurang bergerak, karakter spons yang ditemukan adalah bertubuh keras, kaku, dan berlimpah (Battershill *et al.*, 1998).

Spons tidak memiliki saluran pencernaan, mulut atau anus, organ atau jaringan khusus. Spons terikat pada permukaan luarnya oleh lapisan uniseluler (*exopinacoderm*) yang terdiri dari *pinacocytes* (sel epitel khusus). Beberapa dari sel epitel ini membentuk pori-pori eksternal kecil (*ostia*) untuk masuknya air ke dalam spons dan yang lain membentuk pori-pori lebih besar (*oskula*) tempat air dikeluarkan. Secara internal (*choanosome*) spons diekskavasi oleh saluran-saluran air dan dilapisi oleh satu lapisan sel *pinacocyte* yang membentuk *endopinacoderm*. Lapisan luar yang tipis dari spons mengandung sel-sel, mineral, dan kerangka organik yang disebut *ectosomal/ectosome*. "Stasiun pompa air" (*choanocyte chamber*) ditemukan di beberapa tempat di sepanjang saluran air, dilapisi oleh sel-sel berkerah (*collars*) khusus dengan sebuah flagela (sel *choanocytes*) yang unik bagi porifera (Battershill *et al.*, 1998).

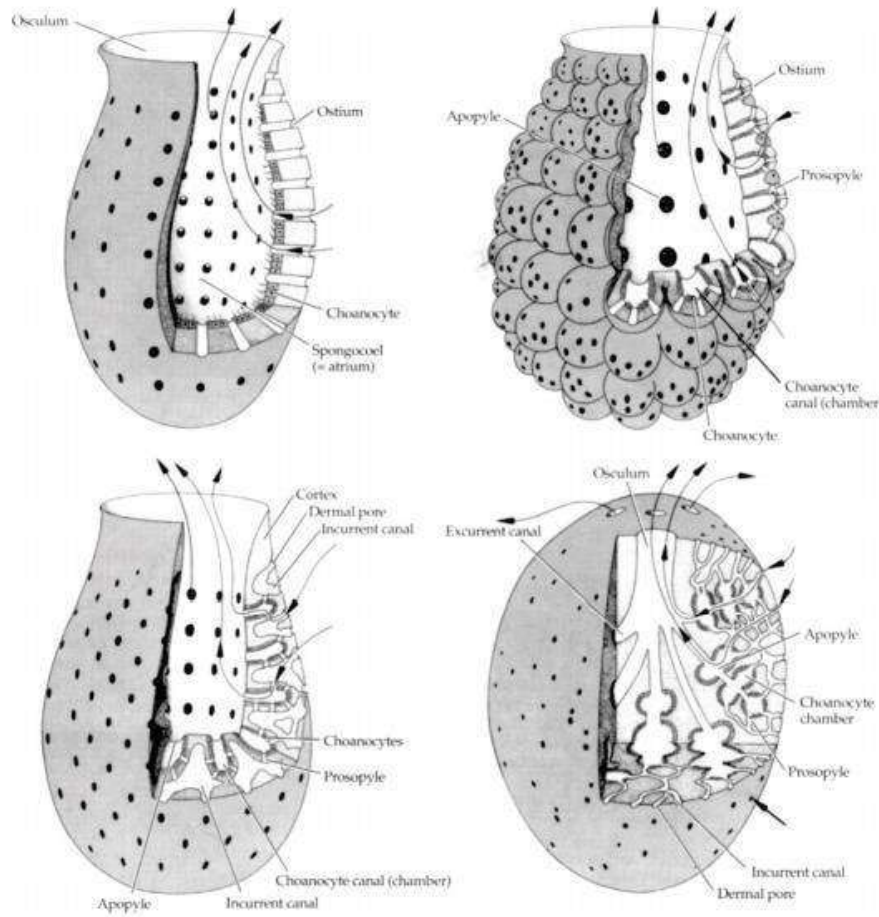
Spons aktif memompa air masuk dan keluar dari tubuhnya menggunakan tekanan air diferensial di dalam dan di luar spons. Arus air tercipta dari pemukulan ribuan flagela *choanocyte*. Air ditarik atau masuk melalui banyak ostia kecil atau pori-pori yang berdiameter kurang dari beberapa puluh milimeter dan dipompa melalui sistem penyaringan air dengan serangkaian saringan atau filter berukuran semakin mengecil, yang berfungsi untuk mengekstraksi partikel yang lebih besar dari air laut. Saluran-saluran air ini terhubung secara langsung atau tidak langsung ke kamar-kamar *choanocyte*

(*choanocyte chambers*), di mana air melambat sehingga memungkinkan *choanocytes* untuk menyerap nutrisi dan oksigen yang tersedia. Demikian pula produk limbah dikeluarkan ke saluran pengeluaran yang memiliki diameter lebih besar akhirnya dibuang ke air laut sekitarnya melalui oskula yang lebih besar dari pori-pori pemasukan (*ostia*). Kecepatan aliran air pada saluran pemasukan dan saluran pengeluaran bervariasi dari satu tempat ke tempat lain, menjadi yang tercepat di area pori-pori (*ostia*) dan oskula, serta paling lambat di area penyerapan (wilayah *choanocyte*). Sirkulasi air selanjutnya dapat dikontrol oleh spons dengan mengalihkan aliran ke ruang tambahan, *non-choanocytic chambers* dan penyaring atau saringan seperti *sphincter* untuk memperlambat atau meningkatkan laju aliran sesuai dengan kebutuhan. Aliran air juga dapat dihentikan sepenuhnya atau dialihkan ke bagian lain dari tubuh jika ada partikel yang meluap di jaringan saluran air. Sangat mudah untuk mengamati aliran air ini menggunakan *fluorescein* yang disuntikkan ke dalam sistem saluran air, selanjutnya dikeluarkan oleh spons. Pembentukan arus yang diembuskan dengan kuat melalui oskula itu penting karena meminimalkan kontaminasi antara air yang dihirup dengan yang diembuskan, yang terakhir tidak mengandung makanan dan mengandung limbah molekuler yang tidak digunakan lagi oleh spons (Battershill *et al.*, 1998).

Di dalam jaringan yang hidup pada spons terikat semua sisi oleh *pinacoderm* yang disebut *mesohyl* dan mencakup semua area antara lapisan *pinacocyte* atau di antara *pinacocytes* dan *choanocytes*, serta di antara saluran-saluran dan *choanocyte chamber*. *Mesohyl* mengandung matriks atau bahan dasar yang terdiri dari unsur protein yang disebut kolagen, kerangka organik yang terdiri dari serat spongin, dan kerangka anorganik yang terdiri dari spikula mineral. Di dalam *mesohyl* ini ditemukan sel-sel totipoten seluler yang mampu mengubah fungsi sesuai dengan kebutuhan. Jenis sel dapat bervariasi di antara kelompok taksonomi spons meskipun pengakuan dan taksonomi sitologisnya masih kurang dipahami. Sel-sel ini termasuk sel "stock" *amoebocytic* yang umum (*archaeocytes*) dengan *lobopods* besar yang mampu melakukan fagositosis aktif, serta banyak jenis lain yang telah menjadi sel-sel khusus untuk melakukan fungsi-fungsi tertentu pada spons. Sel yang menghasilkan prekursor serat spongin (*collencytes*) memiliki filopoda yang menyekresikan spikula (*sclerocytes*) yang mampu menggabungkan silika atau menyatukan deposit kalsium serta bermigrasi ke area dalam *mesohyl* di mana kerangka mineral diendapkan; sel-sel kontraktil terdapat di sekitar oskula pemasukan (*myocytes*). Dari banyak jenis sel dalam spons yang diketahui dari karakteristik bentuk dan organelnya, hanya beberapa yang sejauh ini memiliki fungsi atau struktur

Gambar 2.33

Tipe saluran air spons bertipe asconoid (kiri atas), syconoid (kanan atas), Sylleibid (kiri bawah), dan Leuconoid (kanan bawah)



(Sumber: Brusca dan Brusca, 2003)

Saat mempelajari morfologi sistem saluran air spons kelas, subkelas, ordo, dan subordo akan menunjukkan kepada kita tentang cerita yang jelas dan menarik dari modifikasi secara berurutan. Sistem saluran air memiliki berbagai tingkat kompleksitas dari yang paling sederhana struktur asconoid ke unit filtrasi leuconoid dan solenoid yang paling kompleks (Gambar 2.34). Keragaman anatomi yang luar biasa dari struktur sistem saluran air ini



Bab 3

Sistematika

A. Sejarah Taksonomi Spons

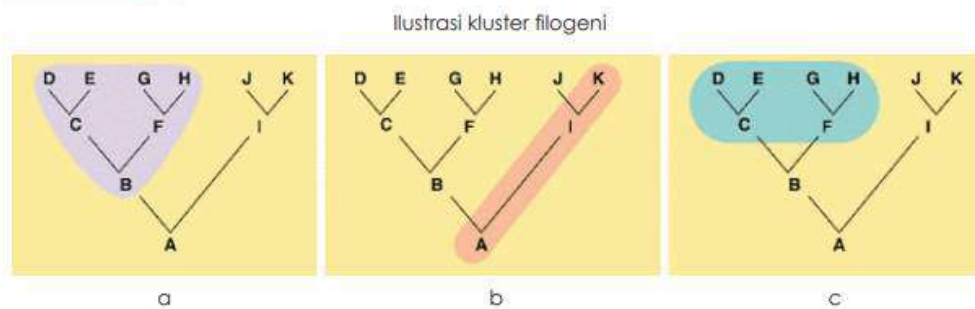
Spons adalah salah satu hewan yang paling beragam dan paling berhasil dari 28 filum invertebrata air, baik dalam hal jumlah spesies dan kisaran karakter morfologinya. Sekitar 7.000 spesies yang ada saat ini dan telah dideskripsikan (tetapi ini hanya mewakili sebagian kecil dari spons yang pernah hidup). Spons telah bertahan sebagian besar tidak berubah bentuk dasar morfologinya (*bauplan*) sejak akhir Cambrium (509 juta tahun yang lalu). Spons adalah penyusun terumbu yang penting selama masa Phanerozoic—sebuah peran yang diambil alih oleh karang batu (*Scleractinia*) yang tumbuh lebih cepat selama Mesozoic akhir. Akhir Devonian (373 juta tahun yang lalu), spons telah menyebar dan beraneka ragam di lautan sampai saat ini dan hidup pada semua lingkungan perairan laut, mulai dari perairan yang dangkal, perairan dalam di daerah tropis, subtropis, dan kutub, serta sebagian kecil ada juga yang hidup di perairan tawar (Hooper dan van Soest, 2002a).

Lebih dari catatan sejarah manusia, taksonomi spons telah lama dan berliku-liku, serta mendapatkan reputasi yang tak tertandingi di antara para ahli zoologi yang menghadirkan banyak kesulitan dalam mengidentifikasinya. Homer membuat beberapa referensi kepada Lendenfeld (1888), dalam masyarakat Yunani awal (merujuk pada apa yang disebut "*bath sponss/spons mandi*," yang tampaknya melayani dalam berbagai peran, mulai dari bantalan pelindung tubuh hingga pembersih badan). Homer juga menciptakan nama "spons" untuk memeras: "Kemudian dengan spons dia mengusap gaunnya, seluruh wajahnya, leher dan tangan, dan seluruh payudaranya" (terjemahan oleh Chapman, dikutip dalam Johnston, 1842). Aristoteles yang tampaknya menjadi orang yang pertama menggambarkan spons sebagai objek penyelidikan ilmiah (Johnston, 1842) membedakan tiga spesies pada fauna Mediterania walaupun sangat mungkin bahwa lebih dari satu spesies spons secara substansial mendahului tulisan-tulisannya, spesies tersebut yaitu *Tragos*, *Manon*, *Achilleum* (Holland, 1634), Pliny menyebutkan spesies keempat, yaitu *Aplysiae*. Lebih penting lagi, Aristoteles rupanya penulis pertama yang mengakui bahwa spons mungkin binatang (Johnston, 1842), meskipun Pliny memberikan pernyataan yang bertentangan bahwa spons adalah "makhluk hidup dan tumbuhan." Spons memiliki kehidupan yang sensitif karena ada darahnya yang menetap di dalam tubuhnya (Hooper dan van Soest, 2002a).

Kekosongan ilmiah berikutnya selama "zaman kegelapan" memiliki sedikit pengetahuan biologi atau taksonomi yang maju dari filum. Sesekali "bestialities" termasuk referensi untuk spons (misalnya, Entzel, 1551), dan

Dasar klasifikasi yang digunakan dalam sistem filogenetik adalah persamaan dan perbedaan morfologi, anatomi, dan molekuler (Emadzade *et al.*, 2010). Sistem tersebut mencerminkan urutan perkembangan serta jauh dan dekatnya kekerabatan antartakson, selain mencerminkan persamaan dan perbedaan sifat berupa morfologi. Taksonomi filogenetik merupakan pengelompokan spesies atau jenis baru dengan cara analisis molekuler dan morfologi. Klasifikasi sistem filogenetik disusun berdasarkan persamaan fenotipe yang mengacu pada sifat-sifat bentuk luar, tingkah laku yang dapat diamati, dan pewarisan keturunan yang mengacu pada hubungan evolusioner jenis nenek moyang hingga cabang-cabang keturunannya (Gambar 3.2).

Gambar 3.2



(Sumber: https://www.mun.ca/biology/scarr/Taxon_types.html yang diadaptasi dari Addison Wesley Longman.)

- (a) Monofili;
- (b) Parafili; dan
- (c) Polifili

Pada spons, beberapa penelitian molekuler menyebutkan bahwa secara morfologi, organisme tersebut didukung dengan baik sebagai monofilik di dalam Metazoa (van Soest 1987; Worheide *et al.*, 2012). Hal tersebut didasarkan pada siklus hidup dari organisme tersebut yang memiliki kesamaan satu sama lain, walaupun terdapat beberapa jenis spons yang pada siklus hidupnya tidak sama dengan jenis spons pada umumnya. Namun, hingga saat ini masih terjadi perdebatan mengenai status tersebut. Studi molekuler spons yang telah dilakukan mulai tahun 1990-an menyatakan bahwa status spons sebagai spesies parafiletik yang memiliki garis keturunan atau evolusi bersama (Gambar 3.3).



Bab 4

Reproduksi dan Perkembangan

A. Reproduksi Aseksual

Sejumlah proses reproduksi aseksual pada spons terjadi secara alami, yang dasarnya pada potensi perkembangan *archaeocytes*. Proses ini termasuk pembentukan tunas (*bud formation*) (Gambar 4.1), penyembuhan luka (*wound healing*), pertumbuhan somatik (*somatic growth*), pembentukan gemmule (*gemmules formation*) (Harrison dan De Vos, 1991). Pada kebanyakan kelas Demospongiae dari Ordo Tethyida, Polymastiida, dan Tetractinellida, pembentukan tunas merupakan strategi reproduksi yang cocok untuk meningkatkan penyebaran dan kolonisasi di habitatnya (Ereskovsky *et al.*, 2017). Secara umum tahap awal pembentukan tunas pada Demospongiae diwakili oleh penggabungan padat sel-sel pada permukaan spons induk. Pada tahap ini, tunas tidak memiliki sistem saluran air, *choanocyte chamber*, saluran air, dan oskula. Ketika tunas menetap pada substrat, sistem saluran air mulai berkembang dan tumbuh tunas akhir/*postbud* yang terpisah dari induknya (Ereskovsky & Tokina 2007).

Pada spons Mediterania spesies *Haliclona fulva*, tunas sebagian besar terkonsentrasi pada bagian tengah permukaan spons. Tunas-tunas tersebut melekat pada permukaan apikal dengan tangkai pendek dan memiliki ukuran dan bentuk yang berbeda karena perkembangan tidak bersamaan. Tunas berbentuk oval atau bulat, luas permukaannya rata-rata 0,5 mm² dan diameternya berkisar 0,5–3 mm. Kepadatannya juga berbeda di antara spesimen. Tunas awal ditandai dengan pembentukan tonjolan kecil yang tidak teratur dan muncul dari permukaan spons. Tunas kemudian tumbuh secara bertahap ketika daerah apikalnya membengkak. Spikula dari tunas terdiri dari *oxea* yang tersusun seragam di pinggiran tunas dan di *mesohyl*, tetapi pada tahap awal perkembangan ini, permukaan tunas tetap halus. Pada tingkat histologis, tunas awal tidak memiliki organisasi anatomi tertentu, tidak ada ektosom atau *choanosome* yang berkembang. Tunas terdiri dari massa sel yang kompak dengan kepadatan sel yang lebih tinggi di bagian pusat daripada di bagian pinggir. Tepat sebelum tunas menetap ke substrat sebagai hewan benthik, morfologi eksternal dan anatomi tunas tahap akhir berubah. Pada tahap ini tunas terlihat jelas menonjol dari permukaan spons. Bentuknya lonjong dan memiliki permukaan yang terlipat. Bagian tengahnya mengendur karena peningkatan yang signifikan dalam jumlah dan volume *lacunae* internal. Sementara itu, *mesohyl* berkembang dengan disintesisnya kolagen dan spikula (Ereskovsky *et al.*, 2017).

B. Reproduksi Seksual

1. Seksualitas Spons

Seksualitas pada spons dapat dikelompokkan atas dua tipe, yaitu: (1) Hermaprodit, yaitu spesies spons yang menghasilkan, baik gamet jantan atau gamet betina selama hidupnya, tetapi menghasilkan gamet jantan dan gamet betina dalam waktu yang berbeda; (2) Gonokhorik, yaitu spesies spons yang memproduksi hanya gamet jantan atau betina saja selama hidupnya. (Reseck, 1988; Kozloff, 1990; Ruppert dan Barnes, 1991; Amir dan Budiyo, 1996). Tipe hermaprodit ditemukan pada ordo Poecilosclerida, famili Plakinidae dan Oscarellidae dari ordo Homosclerophorida, famili Clionodae dari ordo Hadromerida, famili Halisarcidae dari ordo Dendroceratida, sedangkan tipe gonokhorik ditemukan pada famili Geodidae dan Stellantidae dari ordo Astroporida, famili Tetillidae dari ordo Sphirophorida, famili Tethyidae, Chondrosiidae, Polymastiidae dari ordo Hadromerida, famili Axinellidae dan Agelasidae dari ordo Axinellida (Sara, 1992).

Tipe hermaprodit pada spons terbagi atas: (1) hermaprodit bersamaan (*contemporaneous hermaphroditism*), yaitu apabila spons menghasilkan gamet jantan dan gamet betina dalam waktu yang bersamaan dalam satu individu; (2) hermaprodit bergantian (*successive hermaphroditism*), yaitu apabila spons menghasilkan gamet jantan dan gamet betina secara bergantian. Hermaprodit bersamaan (*contemporaneous hermaphroditism*) ditemukan pada spons spesies *Neofibularia nolitangere*, sedangkan hermaprodit bergantian (*successive hermaphroditism*) ditemukan pada spons spesies *Polymastia mammilaris* dan *Suberitas massa* (Hadromerida), *Hymeniacidon carincula* dan *Hymeniacidon heliophila* (Halichondrida) (Sara, 1992).

Seksualitas bertipe gonokhorik, khususnya dari ordo Hadromerida didapatkan pada spesies *Tethya crypta*, *Tethya auratum*, *Tethya citrina* (Tethyidae); *Chondrosia reniformis*, *Chondrilla nucula* (Chondrosiidae); *Polymastia hirsuta*, *Aaptos aaptos* (Polymastiidae) (Ayling, 1980, Sara, 1992, Haris, 2005), *Xestospongia bergquistia* dan *Xestospongia testudinaria* (Fromont dan Bergquist, 1994). Selain itu didapatkan juga seksualitas bertipe gonokhorik labil (*labile gonochorism*). Seksualitas bertipe seperti ini ditemukan pada spons spesies, *Suberitas carnosus* (Hadromerida), dan *Raspailia topsenti* (Axinellida) (Sara, 1992).

Hexactinellida pada umumnya dianggap hermaprodit. Informasi reproduksi seksualnya didasarkan pada penelitian spesies spons Hexactinellida yang telah dilakukan oleh para ahli, seperti pada spons spesies



Bab 5

Pertumbuhan dan Budidaya

A. Pertumbuhan Spons

Pertumbuhan spons biasanya digambarkan pada penambahan ukuran berbagai dimensi, seperti penambahan ukuran panjang individu, panjang cabang, diameter individu, luas permukaan individu, volume individu. Pengukuran berbagai dimensi tersebut tergantung bentuk pertumbuhan spons, misalnya jika bentuk pertumbuhannya menjalar (*encrusting*) biasanya yang dipakai adalah luas individu karena ketebalan individu sponsnya sangat tipis, hanya beberapa milimeter saja. Jika bentuk pertumbuhannya bercabang, baik yang *regular* maupun yang *irregular* biasanya yang dipakai adalah panjang/tinggi individu atau cabang, sedangkan jika bentuk pertumbuhan massif biasanya yang dipakai adalah volume individu.

Variabel pertumbuhan spons yang sering dipakai adalah Pertumbuhan Mutlak (PM), Laju Pertumbuhan Spesifik (LPS) (Asro *et al.*, 2013 dalam Effendie, 1997). Formula Pertumbuhan Mutlak sebagai berikut:

$$PM = V_t - V_o$$

Keterangan:

PM = Pertumbuhan mutlak

V_t = Pertambahan panjang/luas/volume rata-rata pada akhir penelitian

V_o = Panjang/luas/volume pada awal penelitian

Untuk pertumbuhan spesifik, formulanya sebagai berikut:

$$LPS = \frac{V_t - V_o}{t} \times 100\%$$

Keterangan:

LPS = Laju pertumbuhan spesifik (%)

V_t = Pertumbuhan panjang/luas/volume pada waktu t (cm)

V_o = Panjang/luas/volume pada awal penelitian (cm)

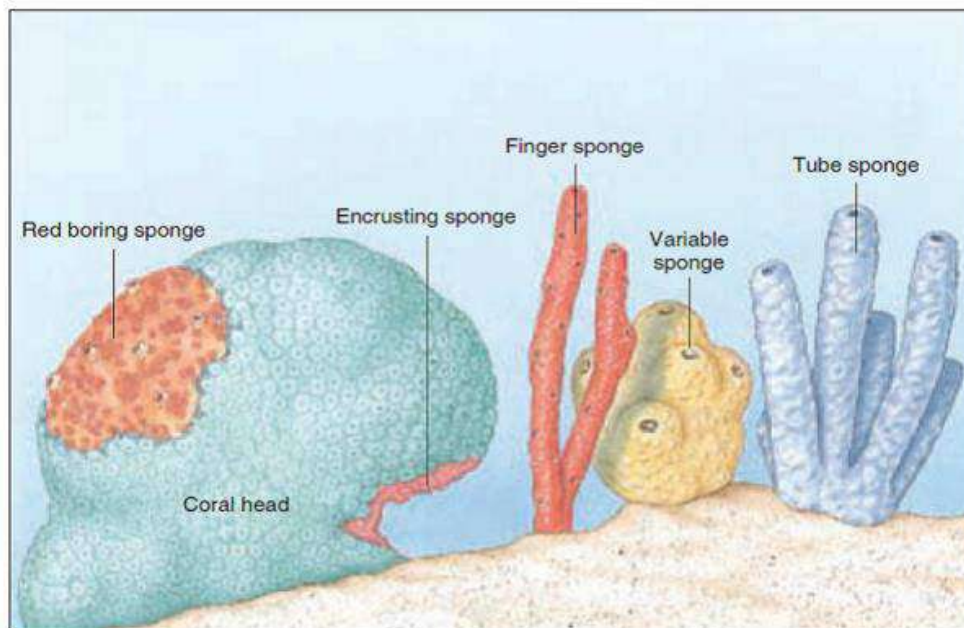
t = Periode waktu (hari)

Untuk menilai nilai rata-rata pertumbuhan berat menggunakan regresi kuadrat terkecil untuk memberikan model pertumbuhan eksponensial (pertumbuhan relatif), di mana tingkat pertumbuhan relatif diperkirakan. Formula model pertumbuhan eksponensial (pertumbuhan relatif) berat menurut Wilkinson dan Cheshire (1988) sebagai berikut:

Kategorisasi bentuk pertumbuhan pada spons di kalangan para ahli relatif berbeda. Ada yang memiliki kategori yang relatif sedikit dan ada juga yang memiliki kategori yang relatif banyak. Kategori bentuk pertumbuhan spons menurut Hikman *et al.* (2002) terdiri dari *boring spongs* (*spons pembor*), *encrusting spongs*, *finger spongs*, *variable spongs*, dan *tube spongs* (Gambar 5.1). Menurut Bell *et al.* (2002) lebih beragam, yang terdiri dari *ridged*, *burrowing*, *massive*, *massive-chimney*, dan *encrusting-chimney* (Gambar 5.2). Menurut van Soest (1989) menggambarkan keberagaman bentuk pertumbuhan spons di Indonesia (Gambar 5.3 dan Gambar 5.4), sedangkan menurut Jain (2017) terdiri dari banyak kategori bentuk pertumbuhan spons dengan variabilitas yang tinggi (Gambar 5.5).

Gambar 5.1

Beberapa bentuk pertumbuhan spons menurut Hikman *et al.* (2002



kedua, dan ketiga setelah ditransplantasi. Memasuki bulan keempat dan kelima, fragmen spons sudah tidak mengalami kematian lagi atau sintasan sudah mencapai 100%. Kematian yang terjadi pada bulan pertama, kedua, dan ketiga setelah ditransplantasi disebabkan pada bulan-bulan ini fragmen spons yang ditransplantasi masih melakukan proses adaptasi terhadap lingkungannya. Memasuki bulan keempat dan kelima, fragmen spons sudah beradaptasi secara sempurna dan kemampuan pertahanan kimianya (*chemical defense*) kemungkinan besar sudah terbentuk dengan baik untuk merespons gangguan biotik dan abiotik di lingkungannya.

Pertahanan kimia (*chemical defense*) yang diproduksi oleh spons memiliki peranan secara ekologi dan biologi di alam (Chanas *et al.*, 1996; Wright *et al.*, 1997; Lozano *et al.*, 1998) untuk pertahanan terhadap faktor-faktor tekanan lingkungan, seperti antipredasi, aktivitas antifouling (Pawlik *et al.*, 2002; Tsoukatou *et al.*, 2002; Caralt *et al.*, 2003), menyerang ketika hendak dimakan, bertahan untuk mencegah infeksi yang disebabkan oleh mikroorganisme patogenik (Lozano *et al.*, 1998), mencakup pada interaksi allelopatik spons karang, melindungi spons dari radiasi ultraviolet (Chanas *et al.*, 1996), berkompetisi ruang (Proksch, 1994), dan mengontrol pertumbuhan yang cepat (*overgrowth*) epibiont (Thakur *et al.*, 2004).

4. Pertumbuhan dan Perkembangan Oskula

Perkembangan oskula setelah terluka sangat bervariasi di antara setiap fragmen spons *Aaptos aaptos* yang ditransplantasi. Pada awal transplantasi, setiap fragmen spons yang ditransplantasi pada umumnya tidak memiliki oskula dan walaupun ada fragmen spons tersebut paling banyak memiliki satu buah oskula, warisan dari induknya. Pada bulan pertama setelah transplantasi, jumlah oskula pada setiap fragmen spons umumnya hanya 1-2 buah. Bulan kedua setelah transplantasi, jumlah oskula pada setiap fragmen spons sudah mulai meningkat dan jumlahnya berkisar antara 2-5 buah. Memasuki bulan ketiga setelah transplantasi, jumlah oskula mengalami peningkatan yang relatif besar dan jumlahnya berkisar antara 5-7 buah. Pada bulan keempat dan kelima setelah ditransplantasi, jumlah oskula setiap fragmen spons jumlahnya sudah relatif tetap (Haris, 2005).

Penambahan jumlah oskula pada setiap fragmen spons yang ditransplantasi sangat tergantung pada besarnya luka akibat proses fragmentasinya. Ada kecenderungan bahwa semakin besar lukanya, maka semakin besar jumlah penambahan oskulanya. Sebaliknya, semakin kecil lukanya, maka semakin kecil penambahan jumlah oskulanya. Penambahan jumlah oskula baru juga hanya terjadi pada bagian yang terluka, sedangkan bagian yang tidak terluka jumlah oskulanya relatif konstan. Fenomena



Bab 6 Ekologi dan Penyakit

A. Jenis-Jenis Makanan dan Kebiasaan Makan Spons

1. Jenis-Jenis Makanan Spons

Spons adalah pemakan menyaring (*filter feeder*) yang menetap. Spons memperoleh makanan dalam bentuk partikel organik renik, hidup atau tidak, seperti bakteri, mikroalga, dan detritus yang masuk melalui pori-pori arus masuk (*ostia*) yang terbuka dalam air serta di bawah ke dalam rongga vakuola atau ruang-ruang berflagela. Arus air yang masuk melalui sistem saluran dari spons diciptakan oleh flagela *choanocytes* yang memukul-mukul secara terus-menerus. *Choanocytes* juga mencerna partikel makanan, baik di sebelah maupun di dalam sel leher (*collars*). Sebuah vakuola makanan terbentuk dan di vakuola ini pencernaan terjadi. Sisa makanan yang tidak tercerna dibuang ke luar dari dalam sel leher (*collars*). Makanan itu dipindahkan dari satu sel ke sel lain dan diedarkan dalam batas tertentu oleh sel-sel *amebocytes* yang terdapat di lapisan tengah. Penting bagi spons untuk hidup dalam air bersirkulasi, kita dapat menemukan hewan ini dalam air yang jernih, bukan air yang keruh. Arus air yang lewat melalui spons membawa serta zat buangan dari tubuh spons, penting agar air yang keluar melalui oskulum dibuang jauh dari badannya karena air ini tidak berisi makanan lagi, tetapi mengandung asam karbon dan sampah nitrogen yang beracun bagi hewan tersebut (Romimohtarto dan Juwana, 1999).

Menurut penelitian Reiswig (1976) dalam Brusca dan Brusca (1990), makanan yang tersaring oleh spons 80% berupa bahan organik terlarut dan 20% berupa bakteri dan dinoflagellata. Menurut Bell *et.al.* (1999), jenis ultraplankton yang dimakan oleh spons pada umumnya adalah jenis bakteri heterotropik, *Prochlorococcus* spp, *Synechococcus* tipe cyanobakteri, dan *picoeukaryotes* autotropik. Selanjutnya Suharyanto (2008) menyatakan bahwa spons mampu menyaring bakteri yang ada di sekitarnya, sebanyak 77% bakteri yang tersaring ini dimanfaatkan untuk makanan dan dicerna secara enzimatik. Menurut Schmidt (1970) dalam Brusca dan Brusca (1990), jenis *Epydatia fluvialis* mempunyai jumlah *choanocytes* sekitar 7600 per milimeter kubik tubuh spons. Setiap rongga *choanocytes* dapat memompa air sekitar 1200 kali dari volume tubuhnya per hari. Spons yang lebih kompleks, tipe leuconoid mempunyai jumlah *choanocytes* yang lebih besar, yaitu 18.000 per milimeter kubik.

Komposisi makanan dari dua spesies umum spons berkapur (*Leucosolenia echinata* dan *Leucetta* sp.), dengan mengidentifikasi dan mengukur partikel makanan dari sampel air menggunakan *flow cytometry*, dan memperkirakan efisiensi penghilangan makanan untuk spesies

Prochlorococcus sp. dan *Synechococcus* sp., mirip dengan yang sebelumnya dilaporkan untuk spons Demospongiae. Ditemukan perbedaan signifikan dalam jumlah organisme *picoplanktonic* yang terdapat antara yang terdapat di dalam air sekitarnya dan saluran pengeluaran untuk kedua spesies ini. *Prochlorococcus* dan *Synechococcus* dihilangkan dengan efisiensi tertinggi terlepas dari spesies spons (52–57%). Kedua spesies memiliki efisiensi penyisihan yang sama secara keseluruhan, tetapi dideteksi perbedaan yang signifikan dalam tingkat penghilangan/pemakanan dari ketiga jenis bakteri di masing-masing spesies. Hasil penelitian ini memberikan bukti untuk perbedaan dalam diet spons berkapur/Calcarea dan spons Demospongiae (Perea-Blázquez *et al.*, 2010). Para penulis menemukan bahwa semua spesies yang sudah diteliti secara efisien menyaring bakteri heterotrof dari air di sekitarnya dengan efisiensi penghilangan/pemakanan antara 98% dan 99% untuk spons Demospongiae, dan 95,5% untuk spons berkapur/Calcarea (Wilkinson *et al.*, 1984 dalam Perea-Blázquez *et al.*, 2010).

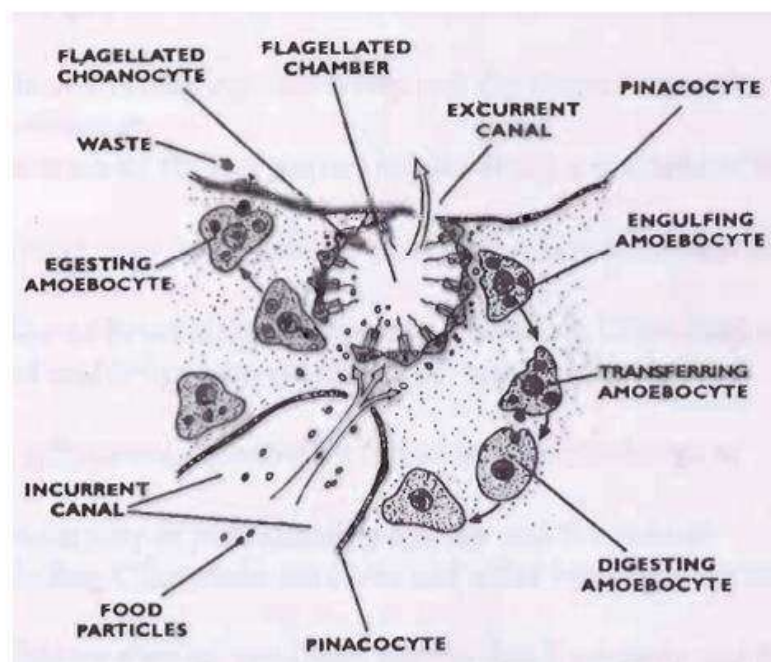
Selain bakteri yang berfungsi sebagai sumber makanan, komunitas mikroba yang terdapat di dalam tubuh spons terdiri dari populasi air laut yang bersifat sementara, yang secara kebetulan ada di dalam tubuh spons, mikroba yang tumbuh di *mesohyl*, dan simbion yang hidup di dalam sel spons. Asosiasi spons mikroba melibatkan bakteri heterotrofik, cyanobacteria, anaerob fakultatif, ganggang uniseluler, dan archaea. Interaksi spons bakteri tersebar luas dan kadang-kadang menjadi inang spesifik. Sifat spesifik dari beberapa hubungan ini sangat menunjukkan bahwa interaksi simbiosis ada antara spons dan mikroorganisme. Beberapa penelitian telah menunjukkan keberadaan komunitas mikroba yang umum antara spesies spons yang berbeda dari wilayah geografis yang berbeda. Kehadiran sekelompok *alphaproteobacteria* yang terkait erat dan berafiliasi dengan *Pseudovibrio denitrificans* pada tujuh genera spons laut dari beberapa lokasi geografis (Mohamed *et al.*, 2008).

Selain sumber nutrisi heterotropik seperti yang disebutkan di atas, spons juga memiliki sumber nutrisi autotropik yang berasal dari mikrosimbionnya. Mikrosimbion pada spons memiliki ragam yang besar, umumnya dari kelompok bakteri seperti cyanobacteria, proteobacteria, actinobacteria, acidobacteria, bacteroidetes, poribacteria, dan yang lainnya. Menurut Webster dan Taylor (2012), banyak spons laut yang padat dan beragam komunitas mikroba ekologisnya, dan pentingnya dalam bidang bioteknologi. Sementara di masa lalu telah terlihat kemajuan yang luar biasa dalam pemahaman kita pada keragaman filogenetik dari spons yang terkait dengan mikroorganisme, yaitu lebih dari 25 filum bakteri telah dilaporkan dari spons, dan itu hanya dalam 3–4 tahun terakhir aktivitas *in-situ* dan fungsi

Spons dapat memakan berbagai sumber makanan, mulai dari karbon organik terlarut hingga fitoplankton. Makanannya termasuk bakteri heterotrof, cyanobacteria, pico- dan nano-eucaryotes serta mikroplankton (Ribes *et al.*, 1999 dalam Marljmsen, 1999). Air masuk ke spons melalui banyak pori atau ostia yang ada dan melewati ruangan yang dilapisi dengan *choanoflagellate*. Setiap flagela berdetak dalam gerakan spiral, menciptakan arus yang konstan. Partikel makanan diserap melalui fagositosis; mikropartikel besar (5–50 μm) diserap oleh sel *pinacocyte* dan partikel yang lebih kecil (< 5 μm) oleh sel *choanocytes* (Gambar 6.1) (Marljmsen, 1999). Setelah penangkapan partikel oleh sel *pinacocytes* dan *choanocytes*, partikel makanan dilewatkan ke sel-sel di *mesohyl* dengan *transcytosis* (Wehr *et al.*, 2007).

Gambar 6.1

Pencernaan antarsel dalam spons



(Sumber: Wailer, 1996 dalam Marljmsen, 1999)

Mikropartikel besar diserap oleh sel *pinacocyte* dan mikropartikel yang lebih kecil oleh *choanocytes*. Partikel kemudian diangkut ke amoebosit, di mana pencernaan terjadi.

dalam Cervino *et al.*, 2006). Paparan ini mendokumentasikan bakteri terkait dengan spons yang sakit di Papua Nugini. Penurunan spons sesuai dengan penurunan ikan karang dan kelimpahan tutupan karang yang dilaporkan dalam studi baru-baru ini yang diterbitkan 8 tahun lalu di Kimbe Bay (Jones *et al.*, 2004 dalam Cervino *et al.*, 2006).

Gambar 6.13

Dua contoh lesi dari *lanthella basta* yang diambil di Teluk Kimbe (Pulau Restoff) seiring perjalanan waktu (1996–2000)



(Sumber: Cervino *et al.*, 2006)

Lesi berkembang dalam biofilm dan tikar kusut dari cyanobacteria berfilamen (Gambar 6.14). Tepi atas dan zona tengah pada spons yang berdegenerasi tampak membusuk dengan kisi yang menipis, perubahan warna cokelat, dan dalam beberapa kasus dengan filamen cyanobacteria biru keunguan. Stasiun yang paling parah terkena dampak diamati pada tahun 1998 adalah: Pulau Restoff (78% dari spons memiliki lesi atau 32 dari 41 spons dihitung dalam 5 transek); Jeffrey's Reef (27% dengan lesi atau 20 dari 93); dan Vanessa's Reef (15% dengan lesi atau 13 dari 88). Tidak ada lesi yang terlihat pada *lanthella basta* di lokasi penelitian terumbu yang berjarak lebih dari 20 km dari pantai.



Bab 7

Identifikasi Spons

Sebelum mempelajari tata cara mengidentifikasi spons secara makroskopis dan mikroskopis, terlebih dahulu kita memahami dan mengerti istilah-istilah yang sering dipergunakan dalam mengidentifikasi spons. Istilah-istilah yang berhubungan dengan identifikasi spons diambil dari buku yang ditulis oleh Ackers *et al.* (2007) yang berjudul "*Sponss of The British Isles*" seperti berikut.

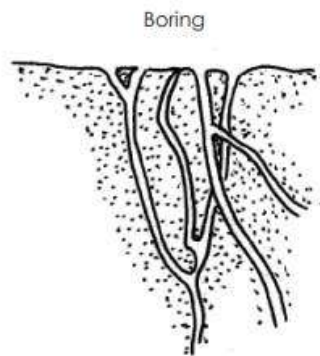
A. Bentuk Spons

1. Istilah-Istilah yang Berhubungan dengan Bentuk Spons

a. Boring

- a. Beberapa atau semua spons yang dapat melubangi atau membuat saluran-saluran pada substrat keras seperti cangkang biota atau kapur/karang.
- b. Tidak ada area pelekatan di bagian basal (misalnya *Cliona celata*).

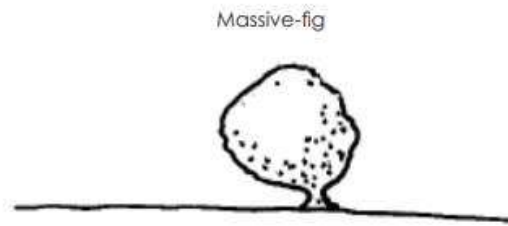
Gambar 7.1



b. Thin Sheets

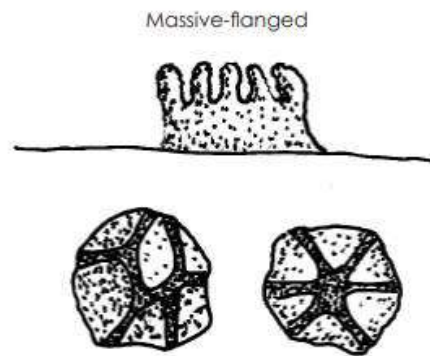
- a. Pertumbuhan umumnya lateral, sehingga ketebalan lembaran tersebar kurang dari 3 mm.
- b. Perlekatan di daerah basal berkesinambungan (misalnya *Microciona atrasanguinea*).

Gambar 7.7

**h. Massive-flanged**

- a. Pertumbuhan vertikal dan lateral, tetapi tidak sama. Pertumbuhan vertikal dapat dilanjutkan pada tingkat yang bervariasi. Dilihat dari atas, puncak bergelang, memancar keluar dari pusat seperti jari-jari pada roda atau tidak teratur.
- b. Perlekatan daerah basal sesuai dengan lebar tubuh terbesarnya.

Gambar 7.8

**i. Cylindrical**

- a. Bentuknya termasuk tubular, berbentuk club, dan berbentuk gelendong.
- b. Pertumbuhan terutama vertikal dan kolumnar, tetapi karena lebih besar di tepi bagian luar.
- c. Perlekatan daerah basal kurang dari lebar tubuh terbesarnya (misalnya: *Sycon ciliata*).

e. Konsistensi

Konsistensi adalah kriteria umum mengklasifikasikan tekstur spons. Untuk menentukan konsistensi harus meraba atau merasakan dengan tangan pada permukaan tubuh spons. Untuk menentukan/merasakan kualitasnya dapat menggunakan istilah sehari-hari yang dipertegas dengan memakai kata "agak" atau "sangat," misalnya untuk rapuh, padat, lunak, keras seperti daging/karet; berpasir/kasar seperti amplas; bergelembung atau lembut seperti beludru; lengket, licin, getas, kaku, kasar, berduri seperti bulu sikat; dan sebagainya.

f. Permukaan

Karakter ini juga membantu diagnose taksonomi. Pada beberapa kelompok spons, lapisan permukaan didukung oleh suatu jaringan spikula atau serat-serat. Pada beberapa hal, tonjolan-tonjolan kecil pada permukaan selalu didukung oleh serat-serat kolagen dan lendir yang cenderung dikeluarkan melalui tempat-tempat pertemuan antara serat-serat "sponging" dan jalur-jalur spikula. Keberadaan dari tonjolan-tonjolan ini adalah karakter yang penting dalam diagnose khusus. Pada beberapa jenis spons, struktur permukaan spesifik adalah perkembangan hubungan saluran dalam dan saluran keluar. Bentuk makroskopis yang subjektif ini misalnya bergerigi, berbulu sikat, berpori-pori, kasar, halus seperti kulit, dan sebagainya.

g. Warna

Warna atau pigmentasi spesimen ketika hidup atau ketika diawetkan dapat membantu dalam identifikasi. Jenis spons yang sama, tetapi pada tempat yang berbeda dapat juga berbeda warna apabila kondisi lingkungannya berbeda (misalnya kedalaman, kecerahan/cahaya, serta faktor fisik/kimiawi lainnya).

Identifikasi spons secara makroskopis yang didasarkan pada karakter morfologinya menurut Rush dan Kelly (2017), Kelly (2015), Kelly dan Bell (2016), dan Levi (1998) dicontohkan pada uraian berikut:

a. Identifikasi Secara Makroskopis Kelas Demospongiae**1) *Cliona cf. celata* Grant, 1826**

Spons *encrusting* sampai masif dengan dua tahap kehidupan yang berbeda, yaitu tahap alfa dan gamma. Tahap alfa hanya *papilla inhalant* dan *exhalant* yang terlihat di atas permukaan substrat, sedangkan tahap gamma di mana spons membentuk tikar atau gundukan *encrusting* di atas dan di dalam substrat. Spons tahap gamma dewasa dapat tumbuh sangat besar, hingga 1 m². Permukaan tercakup dalam pori-pori *areolate* rendah seperti solat/

2) *Polymastia aurantium* Kelly-Borges & Bergquist, 1997

Spons yang bentuk pertumbuhannya *encrusting* tebal, morfologinya *hemispherical*, melingkar hingga memanjang, beberapa spons sering bergabung antara satu dengan yang lainnya hingga panjangnya 30 cm dan tebalnya 20 mm. Permukaan ditutupi dengan papila kerucut yang lebar dan rendah hingga 10 mm, oskula tunggal terletak di ujung *papilla exhalent*, permukaan cukup halus di tempat yang terbuka. Teksturnya lembut, kompresibel, dan lembut saat disentuh. Warna eksternal oranye terang pekat dan memanjang 5 mm ke permukaan spons, warna internal berwarna *mustard*. Pada umumnya menutupi sisi-sisi saluran gelombang yang terbuka di pantai-pantai yang terekspos, permukaan batu yang berliat, dan di terumbu karang pantai yang dangkal (Rush dan Kelly, 2017).

Gambar 7.42

Polymastia aurantium Kelly-Borges & Bergquist, 1997



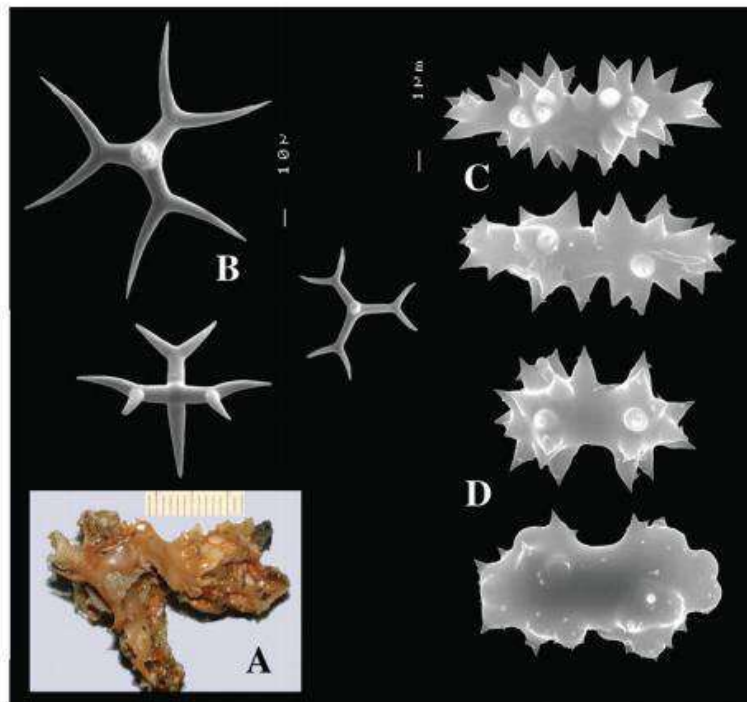
(Sumber: Bruce Hayward dalam Rush dan Kelly, 2017)

13) *Dercitus (Halinastra) sibogae* sp. n.

Kerangka lapisan ektosomal mikrosklera ditutupi campuran mikrosklera dan *dichocalthrops* yang tertanam pada sebagian besar organik *choanosome* dengan densitas spikula yang relatif rendah. Spikulanya adalah *dichocalthrops*, *sanidasters*, dan *sanidasters* yang pipih. *Dichocalthrops* (Gambar 7.112B) relatif kecil dan halus, dengan titik lengkung *deuterocladi*; *protocladi*, sedikit seragam panjangnya, dan lebih beragam ketebalannya, $24 - 26.5 - 30 \times 5 - 8.0 - 11 \mu\text{m}$; *deuterocladi* beragam panjangnya, $12 - 26.1 - 39 \times 3 - 5.6 - 9 \mu\text{m}$; *rhabd* pendek dan runcing, $36 - 75 \times 6 - 9 \mu\text{m}$; *cladome* $75 - 101.1 - 144 \mu\text{m}$. *Sanidasters* pada dua kategori, yaitu panjang-tipis (Gambar 7.111C) dan pendek-pipih (Gambar 7.111D); terakhir adalah telur, tidak pipih sampai luas bentuk *asters*-nya. *Sanidasters* tipis, $12 - 13.9 - 16 \times 1.5 - 2.05 - 3 \mu\text{m}$, *sanidasters* pendek dan pipih, $7 - 11.0 - 13 \times 4.5 - 5.6 - 7.5 \mu\text{m}$ (van Soest *et al.*, 2010).

Gambar 7.111

Dercitus (Halinastra) sibogae sp. n. dengan spikulanya



b. Identifikasi Spons Kelas Calcarea**1) *Leucilla australiensis* (Carter, 1886)**

Kerangkanya *inarticulate* (Gambar 7.112b). Pada potongan melintang *dermal cortex*, yang dibentuk oleh *equiangular triactines* kecil, dan ini diikuti oleh *tetractines subcortical* besar dengan *actines* tidak berpasangan yang sangat panjang. Kerangka *choanosomal* (Gambar 7.112b) dibentuk secara primer oleh *actines* yang tidak berpasangan panjang pada *cortical tetractines* dan didukung oleh susunan gabungan *tetractines* besar dan yang lebih kecil dengan semua *actines* yang sama dan *actines* yang tidak berpasangan, sedikit *sagittal subatrial triactines* raksasa. Kerangka atrial terdiri dari sebuah lapisan kecil yang tersusun dari *sagittal triactines*. Lingkaran oskula tipis berisi ikatan *diactines* tipis dan lebih tipis pada *cortical triactines* kecil dan *atrial tetractines*. Spikulanya (Gambar 7.112c-i) *tetractines* dan *triactines* besar, *regular triactines* kecil, *regular tetractines* kecil, *sagittal tetractines*, *trichoxeas* pada lingkaran oskula. *Tetractines* besar pada kerangka *cortical* (Gambar 7.112c), *sagittal* yang kuat, *actines* yang tidak berpasangan 330 – 650.4 – 1300 x 18 – 40.5 – 54 μm , *actines* yang berpasangan 320 – 45.9 – 660 x 19 – 38.3 – 55 μm , *actines* apikal 42 – 151.9 – 330 x 20 – 36.9 – 55 μm . *Tetractines* besar pada *choanosome* (Gambar 7.113d), lebih kecil ramping, *triradiate* basal dengan sistem *equiactinal*, *actines* berpasangan dan tidak berpasangan 330 – 528 x 19 – 38 μm , *actines* apikal 42 – 252 x 20 – 36 μm . *Triactines* besar (Gambar 7.112e), *equiactinal*, *actines* 384 – 491.3 – 690 x 18 – 30.8 – 42 μm . *Equiangular tetractines* reguler (Gambar 7.112f), *actines* pada sistem *triradiate* basal 60 – 82.2 – 111 x 4 – 5.8 – 8 μm , *actines* apikal kecil, kira-kira 10 μm . *Cortical triactines* kecil (Gambar 7.112g), *equiangular* atau terkadang seperti tripod, 78 – 185.1 – 298 x 4 – 10.9 – 19 μm . *tetractines* *sagittal* (Gambar 7.112h), *actines* tidak berpasangan 78 – 113.3 – 127 x 5 – 7.2 – 9 μm , *actines* berpasangan 57 – 93.2 – 132 x 4 – 5.8 – 8 μm , *actines* apikal 20 – 30.5 – 39 x 3 – 4.3 – 6 μm . *Trichoxeas* (Gambar 7.112i) pada lingkaran oskula banyak rusak pada slides, 60 – 500 x 1 – 2 μm (van Soest *et al.*, 2010).



Bab 8
Natural Products
dan Konservasi

A. Natural Products

Lingkungan laut telah menarik banyak perhatian sebagai sumber penemuan *natural products* karena keanekaragaman hayatinya yang tinggi. Berbagai kondisi lingkungan dan produksi senyawa alami oleh tanaman laut, invertebrata, dan komunitas mikrobanya. Banyak filum dari tanaman laut dan invertebrata hanya ditemukan di laut, keduanya dapat memiliki jalur biosintesis yang berbeda dari rekan terestrialnya dan berpotensi mengodekan metabolit baru. Metabolit aktif secara biologis dan telah diisolasi dari alga, bryozoans, spons, moluska, karang, tunicate, ascidia, dan mikroorganisme, serta telah menunjukkan berbagai sifat dengan nilai bioteknologi yang tinggi. Invertebrata laut, khususnya Porifera, Bryozoa, Cnidaria, dan Chordata telah menjadi kontributor terbesar untuk memproduksi senyawa alami laut (*marine natural products*), dan senyawa ini telah menunjukkan aktivitas yang kuat dalam berbagai pengujian *in vitro* dan *in vivo*. Phyla porifera (spons) dan cnidaria (karang, ubur-ubur) telah menjadi dua sumber utama dari senyawa alami laut baru (Brinkmann *et al.*, 2017).

Natural products atau bahan alam laut adalah senyawa yang berat molekulnya kecil hingga menengah dan diproduksi oleh tanaman laut, invertebrata, dan mikroba yang telah merangsang studi interdisipliner oleh ahli kimia dan ahli biologi. Bahan alam laut (*marine natural products*) adalah bahan alam yang bersumber dari organisme laut (hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme). Menurut Kobayashi dan Rachmaniar (1998), kategori bahan alam laut adalah:

1. Sumber biokimia yang mudah untuk mendapatkannya dalam jumlah yang besar dan kemungkinan dapat diubah ke bahan-bahan yang lebih berharga.
2. Senyawa bioaktif yang termasuk:
 - a. Senyawa antimikroba.
 - b. Senyawa aktif secara fisiologis (sinyal kimia) seperti feromon, synomone, allelochemic (allomone dan kairomone), serta senyawa biofouling.
 - c. Senyawa aktif secara farmakologi.
 - d. Senyawa sitotoksik dan antitumor.
3. Racun laut (*marine toxin*). Dewasa ini pencarian dan pemanfaatan bahan alam (*natural product*) yang berasal dari spons laut secara intensif dilakukan. Kandungan bahan alam yang dimiliki oleh spons

Gammaproteobacteria (*I. basta* berwarna kuning), serta Cyanobacteria, Verrucomicrobia, Chloroflexi, Rhodobacterales (*I. basta* berwarna ungu) (Freckelton dan Luter, 2011).

Senyawa antibakteri lainnya ditulis oleh Brinkmann *et al.* (2017) dan Anjum *et al.* (2016) yang mengompilasi hasil penelitian beberapa orang, seperti yang tertera pada Tabel 8.1 Golongan senyawa dan target bakterinya juga tertera pada Tabel 8.1. Selain itu, Brinkmann *et al.* (2017) menulis tentang senyawa antibakteri yang dihasilkan oleh mikroorganisme asosiasi dari spons, seperti yang tertera pada Tabel 8.2.

Tabel 8.1

Senyawa antibakteri yang dihasilkan oleh spons

Spons	Senyawa	Golongan Senyawa	Target
<i>Acanthostrongylophora</i> sp.	6-hydroxymanzamine E	Alkaloid	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
<i>Oceanapia</i> sp.	C14 acetylenic acid	Fatty acid	<i>B. subtilis</i> dan <i>S. aureus</i>
<i>Discodermia</i> sp.	Polydiscamide A	Peptide	<i>B. subtilis</i>
<i>Cribrochalina</i> sp.	Cribrostatin 3	Alkaloid	<i>N. gonorrhoeae</i> (Antibiotic-resistant strain)
<i>Myrmekioderma styx</i>	(S)-(+)-curcuphenol	Sesquiterpene	<i>M. tuberculosis</i>
<i>Pachychalina</i> sp.	Cyclostelletamines A-I, K-L	Nitrogenous	<i>M. tuberculosis</i> (antibiotic-resistant strain),
<i>Aka coralliphaga</i>	Corallidictyals A-D	Hydroquinones	<i>S. aureus</i>
<i>Melophlus sarassinorum</i>	Melophlin C	Nitrogen heterocycles	<i>B. subtilis</i> dan <i>S. aureus</i>
<i>Discodermia kienisis/Lithistida</i>	Discodermins B, C dan D	Cyclic peptide	Antibacterial (<i>B. subtilis</i>)
<i>Arenosclera brasiliensis</i>	Arenosclerins A-C	Alkyl piperidine alkaloid	<i>S. aureus</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>M. tuberculosis</i>
<i>Axinella</i> sp./ <i>Halicondrida</i>	Axinellamines B-D	Imidazo-azole alkaloid	<i>H. Pylori</i> , <i>M. Luteus</i>
<i>Acanthostrongylophora</i> sp.	6-hydroxymanzamine E	Alkaloid	<i>M. tuberculosis</i>

2. Senyawa Antijamur

Senyawa antijamur telah diisolasi dari spons laut jenis *Jaspis sp*, *Jaspis johnstoni*, *Geodia sp* (Ireland *et al.*, 1989; Munro *et al.* (1989), *Homaxinella trachys*, *Leucetta microraphis*, *Spongia officinalis*, *axinella sp* (Amade dan Pesando, 1985), *Spongia officinalis* (Lakshmi dan Shukla, 2014), *Theonella swinhoei* (Vitali, 2018). *Spongia officinalis* memiliki aktivitas antijamur ekstrak/fraksi spons laut *Spongia officinalis* telah dipelajari. Ekstrak metanol dari spons ini menunjukkan antimikroba yang menjanjikan aktivitasnya. Hal ini menunjukkan aktivitas antijamur terhadap *Candida albicans* (MIC 31,2 µg/ml), *Cryptococcus neoformans* (MIC 7,8 µg/ml), *Sporothrix schenckii* (MIC 15,6 µg/ml) *Trichophyton mentagrophytes* (MIC 7,8 µg/ml), *Aspergillus fumigatus* (MIC 31,2 µg/ml), dan *Candida parapsilosis* (MIC 15,6 µg/ml). Pada fraksinasi ekstrak metanol, menjadi empat fraksi, aktivitas antijamur yang terdapat pada fraksi larut n-butanol. Aktivitas antijamur ditunjukkan terhadap *Candida albicans* (MIC 31,2 µg/ml), *Cryptococcus neoformans* (MIC 3,9 µg/ml), *Sporothrix schenckii* (MIC 0,9 µg/ml), *Trichophyton mentagrophytes* (MIC 7,8 µg/ml), *Aspergillus fumigatus* (MIC 7,8 µg/ml), dan *Candida parapsilosis* (MIC 3,9 µg/ml) (Lakshmi dan Shukla, 2014).

Theonella swinhoei adalah spons yang juga menghasilkan senyawa peptide, yaitu senyawa Theonellamide G dan Cyclolithistide A yang memiliki aktivitas antijamur terhadap *C. albicans* (ATCC 32354), *C. albicans* ATCC 90873 (resistan terhadap amphotericin B), dan *C. albicans* (ATCC 24433). Spons lainnya yang memiliki aktivitas antijamur adalah *Aciculites orientalis*, *Siliquariaspongia mirabilis*, *Halichondria cylindrata*, dan *Jaspis johnstoni*. *Aciculites orientalis* mengandung senyawa peptida, Aciculitin A yang juga memiliki aktivitas terhadap *C. albicans*; *Siliquariaspongia mirabilis* mengandung senyawa Theopapuamide A, Theopapuamide B, dan C, yang memiliki aktivitas terhadap *C. albicans* (tipe liar dan resistan terhadap amphotericin B); *Halichondria cylindrata* yang mengandung senyawa Halicylindramide D dan E memiliki aktivitas terhadap jamur *Mortierella ramanniana*; *Jaspis johnstoni* mengandung senyawa Jaspilakinolide (Jaspamide) yang memiliki aktivitas terhadap *C. albicans*, *C. pseudotropicalis*, dan *C. parapsilosis* (Vitali, 2018). Senyawa antifungi lainnya ditulis oleh Brinkmann *et al.* (2017) yang mengompilasi hasil penelitian banyak orang, seperti yang tertera pada Tabel 8.3. Golongan senyawa dan target fungsinya juga tertera pada Tabel 8.3, sedangkan antifungi yang dihasilkan oleh mikroorganisme asosiasi spons tertera pada Tabel 8.4.

Ekstrak spons lainnya, yaitu ekstrak MeOH dari spons *Hyrtios erectus* menunjukkan aktivitas antioksidan terhadap radikal bebas 2,2-difenil-1-pikrillhidrazil, anion superoksida, dan radikal hidroksil. Lebih dari 50% penghambatan (konsentrasi setengah penghambatan) dicatat dengan konsentrasi 50 µg/mL ekstrak spons. Ekstrak spons pada konsentrasi 25 µg/mL menghambat produksi NO (*Nitric Oxide*) oleh garis sel makrofag secara *in vitro* sebesar $91,22\% \pm 5,78\%$ (Muthiyan *et al.*, 2018). Begitu pula ekstrak metanol spons *Dysidea avara*, *Axinella cannabina*, *Axinella damicornis*, *Agelas oroides*, dan *Ircinia fasciculata* memiliki aktivitas anti-inflamasi terhadap 2,2-difenil-1-pikrillhidrida (DPPH), nitrat oksida (NO), dan superoksida (SO). Aktivitas pembersihan radikal bebas tergantung dari dosis dan hasilnya ditemukan sebanding dengan senyawa antioksidan yang di pasaran, yaitu asam askorbat, kuersetin, dan BHA (3-t-butyl-4-hydroxyanizole) (Aktas *et al.*, 2013).

6. Senyawa Anti-inflamasi

Peradangan adalah bagian dari respons biologis kompleks jaringan pembuluh darah terhadap rangsangan berbahaya, seperti patogen, sel yang rusak, atau iritasi. Tanda-tanda peradangan akut adalah rasa sakit, panas, kemerahan, pembengkakan, dan kehilangan fungsi. Peradangan memiliki nama berbeda di berbagai bagian tubuh, seperti asma (radang saluran udara), artritis (radang sendi), dermatitis (radang kulit), dan sebagainya. Peradangan adalah langkah pertama yang penting dalam memerangi infeksi dan menyembuhkan luka. Namun, peradangan persisten pada sistem kekebalan tubuh selalu diaktifkan, kondisi yang dikenal sebagai peradangan kronis mengarah ke penyakit kronis (Wu *et al.*, 2011 dalam Senthilkumar dan Kim, 2013). Peradangan tubuh disebabkan oleh kerusakan fisik atau kimia atau karena infeksi. Dalam hal ini darah mengalir keluar dari pembuluh darah ke jaringan (Franceschi dan Campisi, 2014 dalam Anjum *et al.*, 2016).

Manolide adalah obat anti-inflamasi sesterterpenoid pertama yang berasal dari spons laut dengan beberapa sifat farmasi lainnya. Tindakan anti-inflamasi pada dasarnya adalah penghambatan *irreversible* dari pelepasan *arachidonic acid* dari membran fosfolipid dengan mekanisme pencegahan enzim fosfolipase A2 dari pengikatan ke membran fosfolipid, alasannya bahwa ia meningkatkan konsentrasi *arachidonic acid* secara intraseluler yang menghasilkan upregulasi sintesis mediator inflamasi sebagai *leukotrienes* dan *prostaglandins*. Cara kerja senyawa anti-inflamasi yang berasal dari spons berbeda dari obat anti-inflamasi nonsteroid lainnya (Carroll *et al.*, 2001 dalam Anjum *et al.*, 2016).

terpenoid, ektyoplasida, dan feroksidosa dari *Erylus* spp. dan *Ectyoplasia* spp. (Kubanek *et al.*, 2002 dalam Thoms dan Schupp, 2007); dan fistularin brominasi-tirosin dari *Aplysina* spp. (Puyana *et al.*, 2003 dalam Thoms dan Schupp, 2007).

B. Konservasi Global Spons

Spons penting untuk menjaga fungsi ekosistem dan integritas komunitas bentik di perairan laut dan air tawar di seluruh dunia. Meskipun demikian, belum ada penilaian tentang status konservasi globalnya saat ini. Kami menilai status konservasinya, memperhitungkan distribusi upaya penelitian; pola variasi temporal dalam populasi spons dan kumpulannya; jumlah spons pada daftar spesies terancam; dan dampak dari tekanan lingkungan. Upaya penelitian spons bervariasi; spons laut di Atlantik Timur Laut dan Mediterania serta spons air tawar di Eropa dan Amerika Utara telah menerima perhatian terbesar. Meskipun kelimpahan spons telah meningkat di beberapa lokasi sejak 1990, ini biasanya terjadi di terumbu karang sebagai tanggapan terhadap penurunan organisme bentik lainnya dan terbatas pada beberapa spesies. Beberapa data tersedia tentang tren temporal dalam kelimpahan spons air tawar. Meskipun lebih dari 8500 spesies spons dijelaskan, hanya 20 yang ada dalam daftar spesies terancam dan semuanya adalah spesies laut dari Atlantik dan Mediterania Timur Laut. Dari 202 penelitian yang diidentifikasi, efek suhu, endapan tersuspensi, kehilangan substrat, dan mikroba patogen telah dipelajari paling intensif untuk spons laut, meskipun tanggapan tampaknya bervariasi. Ada 20 penelitian yang meneliti dampak lingkungan pada spons air tawar dan sebagian besar pada suhu dan kontaminasi logam berat. Kami menemukan bahwa sebagian besar spons tampaknya tidak terancam secara global. Namun, sedikit informasi tersedia untuk sebagian besar spesies dan lebih banyak data diperlukan tentang dampak tekanan terkait antropogenik. Hal ini adalah kesenjangan informasi penting dalam memahami status konservasi spons (Bell *et al.*, 2015).

Distribusi upaya ilmiah global pada spons laut sangat tidak seimbang di antara bioregion. Atlantik Utara yang beriklim *temperate* mendominasi *literature*, 40% dari semua studi spons berasal dari bioregion ini. Daerah dengan jumlah studi tertinggi kedua adalah Atlantik tropis, memiliki sekitar setengah dari jumlah penelitian. Dua persen dari studi tersebut berasal dari gabungan bioregion Arktik, Indo-Pasifik Timur, dan Afrika Selatan yang beriklim sedang. Distribusi upaya ilmiah tidak seragam di dalam bioregion. Di dalam tiga bioregion yang paling banyak dipelajari, Atlantik Utara beriklim *temperate*, Atlantik tropis, dan Indo-Pasifik Tengah, terdapat

C. Konservasi Spons di Indonesia

Di Indonesia konservasi spons tidak secara spesifik dikonservasi atau dilindungi jenis-jenisnya, tetapi konservasi atau perlindungannya masuk dalam perlindungan ekosistem pada kawasan-kawasan konservasi laut, baik yang diinisiasi oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) maupun yang diinisiasi oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). Kawasan-kawasan konservasi yang diinisiasi oleh KLHK, seperti Taman Nasional Laut (TNL), Taman Wisata Alam Laut (TWAL), Suaka Marga Satwa Laut, dan Cagar Alam Laut, atau yang diinisiasi oleh KKP, seperti Taman Nasional Perairan, Suaka Alam Perairan (SAP), Taman Wisata Perairan (TWP), Suaka Perikanan, Suaka Pesisir, Suaka Pulau Kecil, Taman Pesisir, dan Taman Pulau Kecil.

Pada kawasan konservasi laut yang memakai sistem zonasi seperti Taman Nasional Laut, Taman Nasional Perairan, dan Taman Wisata Perairan, konservasi spons sudah terlindungi secara tidak langsung pada zona inti atau zona perikanan berkelanjutan atau pada zona pemanfaatan terbatasnya yang melindungi ekosistem terumbu karang, padang lamun, mangrove atau ekosistem lainnya yang merupakan habitat utama dari spons. Di Indonesia banyak zona inti, zona perikanan berkelanjutan, ataupun zona pemanfaatan terbatas menjadikan ekosistem terumbu karang atau padang lamun atau mangrove menjadi target perlindungan ekosistemnya, seperti Taman Nasional Laut Wakatobi, di Sulawesi Tenggara; Taman Nasional Laut Bunaken, di Sulawesi Utara; Taman Nasional Laut Taka Bonerate di Sulawesi Selatan; Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu, di DKI Jakarta; Taman Nasional Laut Bali Barat, Bali; dan Taman Nasional Teluk Cenderawasih di Papua Barat; atau pada kawasan konservasi laut yang lebih rendah level kategorinya.

Dari aspek aturan, konservasi spons di Indonesia juga secara spesifik tidak disebutkan, tetapi secara umum tercakup pada Undang-Undang Perikanan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 45 Tahun 2009 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2004 tentang Perikanan; Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2014 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil; dan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya; sedangkan secara teknis pengelolaan dan pemanfaatan kawasan konservasi laut tersebut mengacu pada turunan dari ketiga undang-undang tersebut, seperti Peraturan Menteri, Keputusan Menteri, atau turunan yang lebih tinggi atau lebih rendah dari ketiga undang-undang tersebut, sedangkan

awal tahun 1900-an akibat penangkapan berlebihan di dangkalan sahal, tetapi individunya ditemukan kembali sekitar 30 tahun yang lalu dan terus diambil di Australia Utara ketika upaya perikanannya pindah ke lahan baru (misalnya, Teluk Carpentaria dan Laut Arafura), spons ini juga belum mendapatkan perlindungan dan tetap dieksploitasi.

Undang-undang yang perlu mendapatkan perhatian serius bagi kita semua terkait dengan pemanfaatan spons adalah penerapan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2013 tentang pengesahan *Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and The Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from Their Utilization to the Convention on Biological Diversity* (Protokol Nagoya tentang Akses pada Sumber Daya Genetik dan Pembagian Keuntungan yang Adil dan Seimbang yang Timbul dari Pemanfaatannya Atas Konvensi Keanekaragaman Hayati). Undang-undang tersebut sangat penting untuk pemanfaatan spons saat ini dan di masa yang akan datang. Mengapa penting? karena spons saat ini telah banyak menghasilkan senyawa *bioprospecting* untuk berbagai keperluan (terutama penemuan obat dan pengembangan obat untuk aplikasi ke manusia). Kemudian senyawa *bioprospecting* telah banyak dipatenkan oleh inventornya maupun pemohonnya yang umumnya merupakan perusahaan atau industri besar di bidang farmasi atau bidang lainnya.

Adopsi Protokol Nagoya di Jepang telah mengkritisi beberapa persoalan dalam *Convention on Biological Diversity* (CBD) dan salah satunya adalah *Access and Benefit Sharing* (ABS). ABS merupakan salah satu tujuan dari CBD melalui kerja sama secara adil dan merata dalam pemanfaatan keanekaragaman hayati, tetapi pengaturan ABS dalam CBD masih bersifat umum. Keberadaan Protokol Nagoya merupakan protokol tambahan dari CBD yang mengatur tentang akses sumber daya genetik dan pembagian keuntungan yang adil dan seimbang serta timbul dari pemanfaatan keanekaragaman hayati. Protokol Nagoya merumuskan aturan pelaksanaan CBD berkait pemberian ABS. Keberadaannya menegaskan dan memberikan peluang baru untuk melindungi hak masyarakat lokal terhadap keanekaragaman hayati dan menolak penyalahgunaan atau *biopiracy*. Hal itu menjadi sarana yang mendukung hukum ABS nasional dengan mengembalikan keadilan dan kesetaraan dalam pertukaran sumber daya genetik di seluruh dunia. Pembagian keuntungan yang adil dan merata atas keuntungan seperti tujuan CBD untuk konservasi dan pemanfaatan secara berkesinambungan (Yulia *et al.*, 2013).

Senyawa *bioprospecting* tersebut umumnya berasal dari spons negara-negara berkembang (seperti Indonesia) yang memiliki keanekaragaman

hayati tergolong tinggi, termasuk keanekaragaman spons. Negara berkembang (termasuk masyarakatnya) yang merupakan asal dari spons-spons yang menghasilkan senyawa *bioprospecting* bernilai ekonomis tinggi hanya mendapatkan keuntungan finansial yang rendah, sementara negara yang mengoptimalkan pemanfaatan dan pengembangan senyawa *bioprospecting* dari spons mendapatkan keuntungan finansial yang relatif besar. Menurut Christoffersen dan Mathur (2005) saat ini, ukuran pasar untuk produk dan aplikasi yang berasal dari *bioprospecting* diperkirakan US \$ 500–800 miliar per tahun. Namun, pembagian (merata) pendapatan dari negara-negara sumber dari mana produk-produk ini berasal masih jarang terjadi. Yang menarik, produk farmasi hanya mewakili sekitar setengah dari pendapatan yang dihasilkan dari *bioprospecting*, sehingga orang tidak dapat mengabaikan sektor industri dan pertanian secara umum dalam hal berdampak pada pembagian manfaat secara global. Selanjutnya Christoffersen dan Mathur (2005), mengatakan berbeda dengan *bioprospecting*, pengambilan/pencurian sumber daya genetik atau biologis yang tidak sah dan tidak dikompensasi disebut sebagai "*biopiracy*." Kritikus dan penentang *bioprospecting* secara luas menggunakan istilah "*biopiracy*" untuk menggambarkan semua penemuan dari keanekaragaman hayati karena mereka percaya bahwa setiap eksploitasi komersial terhadap alam adalah tidak etis dan harus dianggap ilegal.

Dengan mendukung pembangunan berkelanjutan dan konservasi global keanekaragaman hayati melalui perjanjian kerangka kerja *bioprospecting*, Diversa Corporation telah bekerja untuk menjadi pemimpin yang diakui dalam etika *bioprospecting*. Tempat yang menjadi dasar dari program *bioprospecting* dari perusahaan yang konsisten dengan dan sepenuhnya mendukung tujuan CBD (*Convention on Biological Diversity*); mereka mengakui kondisi yang ditentukan oleh Pasal 15 CBD; dan mematuhi *Bonn Guidelines* tentang akses ke sumber daya genetik dan pembagian manfaat yang adil dan merata yang timbul dari pemanfaatannya yang dikembangkan oleh panel ahli yang dibuat dan didukung oleh CBD (www.biodiv.org/programmes/socio-eco/benefit/bonn.asp dalam Christoffersen dan Mathur, 2005)

Sebuah contoh penting dari *biopiracy* terjadi di Norwegia selama tahun 1969, ketika seorang ahli mikrobiologi dari Ciba Geigy mengumpulkan sampel tanah saat sedang berlibur di pegunungan Hardangervidda. Sampel kemudian dibawa ke laboratorium Ciba Geigy di Swiss, tempat mereka digunakan untuk mengembangkan obat cyclosporin A, obat yang digunakan untuk mencegah infeksi dari transplantasi organ. Obat blockbuster ini menghasilkan lebih dari \$ 1 miliar dolar dalam penjualan tahunan.

Namun, akibat tidak ada izin formal atau pengaturan pembagian manfaat yang disepakati, Norwegia tidak menerima royalti dari keberhasilan komersial yang dramatis ini. Dengan *Convention on Biological Diversity/ CBD* yang sekarang diratifikasi oleh 188 negara, termasuk Indonesia dan pengembangan berkelanjutan serta implementasi undang-undang dan peraturan baru yang mengatur akses dan pembagian manfaat, *biopiracy* sekarang ilegal di banyak negara (Christoffersen dan Mathur, 2005).



- Abubakar, H. 2002. "Uji Daya Hambat Senyawa Bioaktif Sponge *Haliclona* sp terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*." *Skripsi*. Makassar: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
- Adams, C. L., J. O. McInerney, and F. M. Kelly. 1999. "Indications of Relationships between Poriferan Classes Using Full-Length 18s rRNA Gene Sequences." *Proceedings of the 5th International Sponge Symposium*; Brisbane, 30 June 1999. Queensland: Memoir of the Queensland Museum 44.
- Affandi, R., U. M. Tang. 2001. *Fisiologi Hewan Air*. Riau: Unri Press.
- Agell, G., M. J. Uriz, E. Cebrian, R. Marti. 2001. "Does Stress Protein Induction By Copper Modify Natural Toxicity In Sponges?" [Abstract]. *Environ Toxicol Chem.* 2001 Nov; 20(11): 2588-93.
- Agrawal, S., A. Adholeya and S. K. Deshmukh. 2016. "The Pharmacological Potential of Non-ribosomal Peptides from Marine Sponge and Tunicates." *Frontiers in Pharmacology*. October 2016. Volume 7. Article 333.
- Aktas, N., Y. Genc, B. Gozcelioglu, B. Konuklugil, and U. S. Harput. 2013. "Radical Scavenging Effect of Different Marine Sponges from Mediterranean Coasts." *Rec. Nat. Prod.* 7: 2, 2013, 96-104.
- Amade, P., D. Pesando. 1985. "Studies on Polynesian Sponge: Antibiotic Properties and Isolation of Some Metabolites." *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress*. Tahiti. 1985, Vol.5: 131-140.
- Amir, I. 1991. "Fauna Sepon (Porifera) dari Terumbu Karang Genteng Besar, Pulau-Pulau Seribu." *Oseanologi di Indonesia*. No. 24: 41-54.
- Amir, I., A. Budiyanto. 1996. "Mengenal Spons Laut (Demospongiae) Secara Umum." *Oseana*. 21 (2): 15-31.
- Amsler, M. O., J. B. McClintock, C. D. Amsler, R. A. Angus, B. J. Baker. 2009. "An Evaluation of Sponge-associated Amphipods From The Antarctic Peninsula." *Antarct. Sci.* 21, 579-589.
- Anakina, R. P. and A. L. Drozdov. 2001. "Gamete Structure and Fertilization In The Barents Sea Sponge *Leucosolenia complicate*." *Russian Journal of Marine Biology*. Vol. 27, No. 3, pp. 143-150.

- Angermeier, H., J. Kamke, U. R. Abdelmohsen, G. Krohne, J. R. Pawlik. 2011. "The Pathology of Sponge Orange Band Disease Affecting The Caribbean Barrel Sponge *Xestospongia muta*." *FEMS Microbiol Ecol.* 75: 218–230.
- Armitage, S. E. L. and J. N. A. Hooper. 2002. "Discovery of *Petromica* Topsent in the Pacific Ocean: a Revision Of The Genus with A New Subgenus (*Chaladesma*, subgen. nov.) and A New Species (*P. (C.) pacifica*, sp. nov.) (Porifera: Demospongiae: Halichondrida: Halichondriidae)." *Invertebrate Systematics.* 16, 813–835.
- Asa, S., T. Yeemin, N. Chaitanawisuti, A. Kritsanapuntu. 2000. "Sexual Reproduction Of A Marine Sponge, *Petrosia* sp From Coral Communities In The Gulf Of Thailand." Proceedings 9th International Coral Reef Symposium; Bali, Indonesia 23–27 October 2000, Vol 1. Jakarta: Ministry of Environment Indonesia Institute of Sciences International Society for Reef Studies.
- Asro, M., Yusnaini, dan Halili. 2013. "Pertumbuhan Spons (*Stylorella aurantium*) yang ditransplantasi pada Berbagai Kedalaman." *Jurnal Mina Laut Indonesia.* Vol. 01 No. 01 (133–144).
- Astuti, C. D. R. 2007. "Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Spons *Petrosia* sp yang ditransplantasikan pada Rak Horizontal dan Vertikal di Perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu, Jakarta." *Skripsi.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ayling, A. L. 1980. "Patterns of Sexuality, Asexual Reproduction and Recruitment in Some Subtidal Marine Demospongiae." *Biol Bull.* 158: 271–282.
- Barthel, D. and H. Theede. 1986. "A New Method for The Culture of Marine Sponges and Its Application for Experimental Studies." *OPHELIA*, 25(2): 75-82 (July 1986).
- Battershill, C., P. Bergquist, R. Borojevic, C. Debitus, and J. Fromont. 1998. *Sponge of the Caledonian Lagoon.* Paris: Institut Francais De Recherche Scientifique Pour Le Developpement En Cooperation Collection Faune et flore tropicales n° XXXIII.
- Bavestrello, G., R. Cattaneo-Vietctai, R. Cerrano, S. Cerutti and M. Sara. 1996. "Contribution of Sponge Spicules to the Composition of Biogenic Silica in the Ligurian Sea." *Marine Ecology.* 17 (1-3): 41-50.
- Beazley, L., E. Kenchington, I. Yashayaev, F. J. Murillo. 2015. "Drivers of Epibenthic Megafaunal Composition In The Sponge Grounds Of The Sackville Spur, Northwest Atlantic." *Deep-Sea Research.* 98: 102–114.
- Becerro, M. A., R. W. Thacker, X. Turon, M. J. Uriz, V. J. Paul. 2003. "Biogeography of Sponge Chemical Ecology: Comparisons Of Tropical and Temperate Defenses" [Abstract]. *Oecologia.* Mar; 135(1): 91-101.
- Beesoo, R., R. Bhagooli, V. S. Neerghen-Bhujun, Wen-Wu Li, A. Kagansky, T. Bahorun. 2017. "Antibacterial and Antibiotic Potentiating Activities Of Tropical Marine

- Botting J. and L. Muir. 2017. "Early Sponge Evolution: A Review and Phylogenetic Framework." *Palaeoworld*. 10.1016/j.palwor.2017.07.001.
- Boury-Esnault, N. 2002. "Order Chondrosida Boury-Esnault & Lopes, 1985 and Family Chondrillidae Gray, 1872." In *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges*. Hooper, J. N. A.; van Soest, R.W.M. (Ed.). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Boury-Esnault, N., S. Efremova, C. Bezac, and J. Vacelet. 1999. "Reproduction Of A Hexactinellid Sponge: First Description Of Gastrulation By Cellular Delamination In The Porifera." *Invertebrate Reproduction and Development*. 35: 3, 187-201.
- Brinkmann, C. M., A. Marker and D. I. Kurtböke. 2017. "An Overview on Marine Sponge-Symbiotic Bacteria as Unexhausted Sources for Natural Product Discovery." *Diversity*. 9, 40.
- Brusca, R. C., G. J. Brusca. 1990. *Invertebrates*. Sinauer Associates. Massachusetts: Inc. Publishers Sunderland.
- Burja, A. M., N. S. Webster, P. T. Murphy, and R. T. Hill. 1999. "Microbial Symbiont of Great Barrier Reef Sponge." Proceeding of The 5 Th International Sponge Symposium, Brisbane 30 June 1999. Memoir of The Queensland Museum. Volume 44.
- Calcinai, B., C. Cerrano, and M. Sarà. 2000. "Boring sponges (Porifera, Demospongiae) from the Indian Ocean." *Ital. J. Zool.* 67. 203-219.
- Caralt, S. de, G. Agell, M. J. Uriz. 2003. "Long-Term Culture Of Sponge Explant: Conditions Enhancing Survival and Growth, and Assessment of Bioactivity." *Biomolecular Engineering*. 20: 339-347.
- Cardenas P., J. Xavier, J. Reveillaud, C. Schander, and H. Rapp. 2011. "Molecular Phylogeny Of The Astrophorida (Porifera, Demospongiae) Reveals An Unexpected High Level Of Spicule Homoplasy." *PLoS One*. 6, e18318.
- Cavalcanti, F. F. and M. Klautau. 2011. "Solenoid: A New Aquiferous System To Porifera." *Zoomorphology*. 130: 255-260.
- Cavalier-Smith T., M. T. E. P. Allsopp, E. E. Chao, Boury-Esnault N., and Vacelet, J. 1996. "Sponge Phylogeny, Animal Monophyly, and The Origin Of The Nervous System: 18S rRNA Evidence." *Canadian Journal of Zoology*, 74, 2031-2045.
- Cerrano, C., G. Baestrello, U. Benatti, R. C. Vietti, M. Giovine, and M. Sara. 1999. "Incorporation Of Inorganic Matter In Chondrosia Reniformis (Porifera: Demospongiae): The Role of Ater Turbulance." Proceeding Of The 5Th International Sponge Symposium, Brisbane 30 June 1999. Memoir of The Queensland Museum. Volume 44.

- Dai, C. F. 1990. "Interspecific Competition In Taiwanese Corals with Special Reference To Interactions Between Alcyonaceans and Scleractinians." *Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 60*: 291–297.
- Dawson, E. W. 1993. "The Marine Fauna of New Zealand: Index to the Fauna 2." *Porifera*. National Institute of Water and Atmospheric Research. New Zealand Oceanographic Institute Memoirs. No. 100. 1–98.
- de Voogd, N. J. 2007. "An Assessment Of Sponge Mariculture Potential In The Spermonde Archipelago, Indonesia." *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 87, 1777–1784.
- Debrenne, F., A. Y. Zhuravlev, P. D. Kruse. 2002. "Class Archaeocyatha Bornemann, 1884." *In Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges*. Hooper, J. N. A.; van Soest, R. W. M. (Ed.). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Di, X., J. T. Oskarsson, S. Omarsdottira, J. Freysdottir, and I. Hardardottir. 2017. "Lipophilic Fractions From The Marine Sponge Halichondria Sitchensis Decrease Secretion Of Pro-Inflammatory Cytokines By Dendritic Cells and Decrease Their Ability To Induce a Th1 Type Response by Allogeneic CD4⁺ T cells." *Pharmaceutical Biology*. Vol. 55, No. 1, 2116–2122.
- Dohrmann M., D. Janussen, J. Reitner, A. G. Collins, and G. Wotheide. 2008. "Phylogeny and Evolution Of Glass Sponges (Porifera, Hexactinellida)." *Systematic Biology*. 57, 388–405.
- Drozdova, A. L. and A. A. Karpenko. 2013. "Spicules of Hexactinellid Sponges (Hexactinellida: Porifera) As Natural Composite Materials." *Russian Journal of Marine Biology*. Vol. 39, No. 4, pp. 229–237.
- Duckworth, A. 2009. "Farming Sponges to Supply Bioactive Metabolites and Bath Sponges: A Review." *Mar Biotechnol.* 11: 669–679.
- Duckworth, A. R. 2003. "Effect of Wound Size on the Growth and Regeneration of Two Temperate Subtidal Sponge." *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 287: 139–153.
- Duckworth, A. R., C. N. Battershill, D. R. Schiel, P. R. Bergquist. 1999. "Farming Sponges For The Production Of Bioactive Metabolites." Proceedings of the 5th International Sponge Symposium; Brisbane, 30 June 1999. Queensland: Memoir of the Queensland Museum 44.
- Duckworth, A. R., C. N. Battershill, D. R. Schiel. 2004. "Effect Of Depth and Water Flow on Growth, Survival and Bioactivity Of Two Temperate Sponges Cultured In Different Seasons." *Aquaculture* xx: xxx – xxx [Article in Press].
- Duckworth, A. R., C. Wolff, E. E. Illidge. 2007. "Developing Methods For Commercially Farming Bath Sponges In Tropical Australia." *Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability*.

- Duckworth, *et al.* 2009. *Distribution and Abundance of Bath Sponges In Torres Strait*. Australia: Australian Institute of Marine Science-Torres Strait Regional Authority-CRC Torres Strait.
- Duque, C., A. Bonilla, E. Bautista, S. Zea. 2001. "Exudation of Low Molecular Weight Compounds (Thiobismethane, Methylisocyanide, and Methyl Isothiocyanate) As A Possible Chemical Defense Mechanism In The Marine Sponge *Ircinia felix*" [Abstract]. *Biochem Syst Ecol.* May; 29(5):459-467.
- Ehret, S. 2012. "Biomimetic Potential Of Sponge Spicules An Investigation Of The Optical Properties and Growth Mechanism Of Sponge Spicules And Approaches For The Improvement Of Fibre Optics and Photonics Applications." *Master Thesis*. Carinthia University of Applied Sciences.
- Eldredge, L. G. and C. M. Smith. 2001. "A Guidebook Of Introduced Marine Species in Hawaii." Bishop Museum Technical Report 21. Packard Foundation, U. S. Fish and Wildlife Service, and National Marine Fisheries Service to B. P. Bishop Museum and The University of Hawaii.
- Emadzade, K., C. Lehnebach, P. Lockhart, and E. Hörandl. 2010. "A Molecular Phylogeny, Morphology and Classification Of Genera Of Ranunculaceae (Ranunculaceae)." *Taxon.* 59(3), 809-828.
- Ereskovskii, A. V. 1999. "Development Of Sponges Of The Order Haplosclerida." *Russian Journal of Marine Biology*. Vol. 25, No. 5, pp. 361-371.
- Ereskovsky A. V., D. Lavrov, N. Boury-Esnault, and J. Vacelet. 2011. "Molecular and Morphological Description Of A New Species Of *Halisarca* (Demospongiae: Halisarcida) from Mediterranean Sea and a Redescription Of The Type Species *Halisarca dujardini*." *Zootaxa*. 2768, 5-31.
- Ereskovsky, A. V, A. Geronimo, and T. Perez. 2017. "Asexual and Puzzling Sexual Reproduction Of The Mediterranean Sponge *Haliclona fulva* (Demospongiae): Life Cycle and Cytological Structures." *Invertebrate Biology*. x(x): 1-19.
- Ereskovsky, A. V, D. V. Lavrov, and P. Willenz. 2013. "Five New Species Of *Homoscleromorpha* (Porifera) From The Caribbean Sea and Re-description of *Plakina jamaicensis*." *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. Page 1 of 23.
- Ereskovsky, A. V. and D. B. Tokina. 2007. "Asexual Reproduction Of *Homoscleromorpha* Sponges (Porifera; *Homoscleromorpha*)." *Mar. Biol.* 151: 425-434.
- Erpenbeck D., Duran S., Rützler K., Paul V., Hooper J. N. A., and Wörheide G. 2007. "Towards a DNA Taxonomy of Caribbean Demosponges: A Gene Tree Reconstructed From Partial Mitochondrial CO1 Gene Sequences Supports Previous rDNA Phylogenies and Provides A New Perspective On The Systematics of Demospongiae." *Journal of the Marine Biological Society of the United Kingdom*. 87, 1563-1570.

- Fromont, J., P. R. Bergquist. 1994. "Reproductive Biology Of Three Sponge Species Of The Genus *Xestospongia* (Porifera: Demospongiae: Petrosida) From The Great Barrier Reef." *Coral Reef*. 13: 119–126.
- Fujimoto, Y. *et al.* 2012. "Inhibition of Both Protease and Helicase Activities of Hepatitis C Virus NS3 by an Ethyl Acetate Extract of Marine Sponge *Amphimedon* sp." *PLOS ONE*. www.plosone.org. November 2012. Volume 7. Issue 11, e48685.
- Gammill, E. R. 2005. "Disease Threatens Caribbean Sponges: Report and Identification Guide." A Global Information System on Coral Reefs. Reef Base (on-line).
- Garson, M. J. 2003. "Ecological Perspectives on Marine Natural Product Biosynthesis." *In Marine Chemical Ecology*. McClintock J. B., Baker B. J., (Ed). Boca Raton: CRC Press.
- Garson, M. J., A. E. Flowers, R. I. Webb, R. D. Charan, E. J. McCaffrey. 1998. "A Sponge/ Dinoflagellate Association In The Haplosclerid Sponge *Haliclona* sp.: Cellular Origin Of Cytotoxic Alkaloids By Percoll Density Gradient Fractionation" [Abstract]. *Cell Tissue Res*. Aug; 293(2): 365-73.
- Garson, M. J., R. J. Clark, R. I. Webb, K. L. Field, R. D. Charan, E. J. McCaffrey. 1999. "Ecological Role Of Cytotoxic Alkaloids: *Haliclona* n.sp., An Unusual Sponge/Dinoflagellata Association." Proceedings Of The 5th International Sponge Symposium; Brisbane, 30 June 1999. Queensland: Memoir of the Queensland Museum 44.
- Gazave E., Lape'bie P., Renard E., Vacelet J., Rocher C., Ereskovsky A., Lavrov D., and Borchiellini C. 2010. "Molecular Phylogeny Restores The Suprageneric Subdivision Of Homoscleromorph Sponges (Porifera, Homoscleromorpha)." *PLoS One*. 5, e14290.
- Gerasimova, E. I., A. V. Ereskovsky. 2007. "Reproduction Of Two Species Of Halichondria (Demospongiae: Halichondriidae) In The White Sea." *Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability*.
- Gerovasileiou, V., T. Dailianis, M. Sini, M. D. M. Otero, C. Numa, S. Katsanevakis, and E. Voultziadou. 2018. "Assessing The Regional Conservation Status Of Sponges (Porifera): The Case Of The Aegean Ecoregion." *Medit. Mar. Sci.* 19/3, 2018, 526-537.
- Gocken, C. and D. Janussen. 2011. "ANT XXIV/2(SYSTCO) Hexactinellida (Porifera) and Bathymetric Traits Of Antarctic Glass Sponges (Incorporating ANDEEP-Material); Including An Emendation Of There Discovered Genus *Lonchiphora*." *Deep-Sea Research*, II 58: 2013–2021.
- Godefroy, N., E. L. Goff, C. Martinand-Mari, K. Belkhir, J. Vacelet and S. Baghdiguan. 2019. "Sponge Digestive System Diversity and Evolution: Filter Feeding To Carnivory." *Cell and Tissue Research*, pp 1–11.

- Hausmann, R., M. P. Vitello, F. Leitermann, C. Syldatk. 2006. "Advances In The Production Of Sponge Biomass *Aplysina aerophoba*—A model Sponge For Ex Situ Sponge Biomass Production." *Journal of Biotechnology*. 124: 117–127.
- Haywood, M., S. Wells. 1989. *The Manual of Marine Invertebrates*. London: Published by Salamander Books Limited.
- Hendler, G. 1984. "The Association Of *Ophiothrix lineata* and *Callyspongia vaginalis*: A Brittlestar–Sponge Cleaning Symbiosis?" *Mar. Ecol.* 5, 9–28.
- Henkel, T. P. and J. R. Pawlik. 2005. "Habitat Use By Sponge-Dwelling Brittlestars." *Mar.Biol.* 146, 301–313.
- , 2014. "Cleaning Mutualist Or Parasite? Classifying The Association Between The Brittlestar *Ophiothrix lineata* and The Caribbean Reef Sponge *Callyspongia vaginalis*." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 454. 42–48.
- Henry M. Reiswig and Michelle Kelly. 2011. *The Marine Fauna of New Zealand: Hexasterophoran Glass Sponges of New Zealand (Porifera: Hexactinellida: Hexasterophora): Orders Hexactinosida, Aulocalycoida and Lychniscosida*. NIWA Biodiversity Memoir 124. National Institute of Water and Atmospheric Research (NIWA).
- Herbert, R. B. 1995. *Biosintetis Metabolit Sekunder*, Edisi Kedua. (Penerjemah: Srigandono B., Soedarsono). Semarang: IKIP Semarang Press.
- Higa, T. 1991. "Bioactive Phenolics and Related Compounds." *In Bioorganic Marine Chemistry*. Scheuer P. J. (Ed). Volume 4. Berlin: Springer – Verlag.
- Hooper, J. N. A. 2002. "Family Hemiasterellidae Lendenfeld, 1889." *In Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges*. Hooper, J. N. A.; van Soest, R. W. M. (Ed.). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- , 2003." Spongguide: Guide to Sponge Collection and Identification (Version 2003)." Queensland Museum, Po Box 3300, South Brisbane, Qld, 4101, Australia.
- Hooper, J. N. A and R. W. M, van Soest. 2002a. *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges*. New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- , 2002b. "Class Demospongiae Sollas, 1885." *In Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R.

- Jagger, J. 1985. *Solar-UV Action on Living Cells*. New York: Praeger.
- Jain, S. 2017. *Fundamentals of Invertebrate Palaeontology*. India: Springer Geology.
- Janssen, APHM. 2000–2001. "The Prencence of Sponge-Dwelling Endofauna in Relation to Sponge Bioaktivty." (Student's Report).
- Jaspars, M. 2001a. "Natural Products and The Treatment Of Cancer." *The Pharmaceutical Journal*. Vol. 267. No. 7169: 510–525.
- , 2001b. "Anti-Cancer Lead Compounds from Marine Invertebrates. British Pharmaceutical Conference 2001" (Abstract Book). 298.
- Jawetz, E., J. Melnick, and E. Adelberg. 1996. *Mikrobiologi Kedokteran*. (Penerjemah: Nugroho E, Maulay R. F.). Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Jimenez E., M. Ribes. 2007. "Sponges As A Source Of Dissolved Inorganic Nitrogen: Nitrification Mediated by Temperate Sponges." *Limnology and Oceanography*. 52: 948–958.
- Johan, O. 2001. "Tingkat Keberhasilan Transplantasi Karang Batu pada Lokasi Berbeda di Gugusan Pulau Pari Kepulauan Seribu." *Tesis*. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Jones, S. 2014. "The Sural Shores of Gorontalo-Indonesia." *X-RAY MAG*: 60: 2014.
- Ju, E., A. Latif, C. Kong, Y. Seo, Y. Lee, S. R. Dalal, M. B. Casseraa, and D. G. I. Kingston. 2018. "Antimalarial Activity Of The Isolates From The Marine Sponge *Hyrtios erectus* Against The Chloroquine-Resistant Dd2 Strain of *Plasmodium falciparum*. *Z. Naturforsch.*" Aop.
- Kamel, H. N., F. R. Fronczek, N. H. Fischer, M. Slattery. 2004. "A Novel Metabolic from The Hybrid Sof Coral *Sinularia maxima* X *Sinularia polydactyla*: A Biosynthetically Mixed Skleton Lingking Cembrane and Africanane Terpenoids." *Tetrahedron Letters*. 45: 1995–1997.
- Karuso, P. 1987. "Chemical Ecology of the Nudibranchs." *Bioorganic Marine Chemistry*. Volume 1, 31–60. Berlin: Springer – Verlag.
- Kelly, M. and B. Herr. 2015. *Splendid Sponges A Guide To The Sponges Of New Zealand*: Niwa Taihoro Nukurangi.
- Kenchington, E., D. Power, M. Koen-Alonso. 2013. "Associations of Demersal Fish With Sponge Grounds On The Continental Slopes Of The Northwest Atlantic." *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 477, 217–230.
- Klautau, M. and R. Borojevic. 2001. "Sponges Of The Genus *Clathrina* Gray, 1867 from Arraial do Cabo, Brazil." *ZOOSYSTEMA*. 23 (3).

- Knestrick, M. A., N. G. Wilson, A. Roth, J. H. Adams, and B. J. Baker. 2019. "Frimaramide, A Highly Modified Linear Hexapeptide From An Antarctic Sponge, Inhibits *Plasmodium falciparum* Liver-Stage Development."
- Kobayashi, M., R. Rachmaniar. 1999. "Overview of Marine Natural Product Chemistry." Prosidings Seminar Bioteknologi Kelautan Indonesia I '98. Jakarta 14–15 Oktober 1998. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Jakarta.
- Kong, F. and D. J. Faulkner. 2008. "Leucettamines A and B, Two Antimicrobial Lipids From The Calcareous Sponge *Leucetta microraphis*." *J. Org. Chem.* 1993, 58, 4, 970-971.
- Konig, G. M., A. D. Wright. 1999. "Cymbastela Hooperi and Amphimedon Terpenensis: Where Do They Really Belong?" Proceedings of the 5th International Sponge Symposium; Brisbane, 30 June 1999. Queensland: Memoir of the Queensland Museum 44.
- Koopmans, M., D. Martens and R. H. Wijffels. 2009. "Towards Commercial Production of Sponge Medicines." *Mar. Drugs.* 7, 787-802; doi:10.3390/md7040787.
- Koukouras, A., A. Russo, E. Voultsiadou-Koukoura, C. Arvanitidis, and D. Stefanidou. 1995. "Macrofauna Associated with Sponge Species of Different Morphology." *Marine Ecology.* 17 (4): 569-582.
- Kozloff, E. N. 1990. *Invertebrates*. Philadelphia: Saunders College Publishing.
- Kumar, S. P. and S. Ravikuma. 2014. "In Vitro Antiplasmodial Activity Of Marine Sponge *Clathria vulpina* Extract Against Chloroquine Sensitive *Plasmodium falciparum*." *Asian Pacific Journal of Tropical Disease.* Volume 4, Supplement 1, Pages S162-S166.
- La Barre, S. C., J. C. Coll, P. W. Sammarco. 1986. "Competitive Strategies of Soft Corals (Coelenterata: Octocorallia): III. Spacing and Aggressive Interactions Between Alcyonaceans." *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol: 28: 147-156.
- Lafay, B., N. Boury-Esnault, J. Vacelet, and R. Christen. 1992. "An Analysis Of Partial 28S Ribosomal RNA Sequences Suggests Early Radiations Of Sponges." *Biosystems.* 28, 139–151.
- Lage, A., V. Gerovasileiou, E. Voultsiadou, and G. Muricy. 2018. "Taxonomy of Plakina (Porifera: Homoscleromorpha) from Aegean submarine Caves, with Descriptions Of Three New Species and New Characters For The Genus." *Marine Biodiversity*. Published online 20 February 2018.
- Lakshmi, V and P. K. Shukla. 2014. "Antimicrobial Activity of Marine Sponge *Spongia officinalis* Var. *Ceylonensis* Dendy." *J Mar Biol Oceanogr.* 3:3.
- Leys, S. P. 2003. *Glass Sponges and Sponge Reefs in British Columbia Waters*. Kanada: University of Alberta.

- Manuputty, A. E. W. 1991. "Senyawa Terpen dalam Karang Lunak (Octocorallia: Alcyonacea)." *Oseana*. Vol. 15, No.2: 77-84. Jakarta: Puslitbang Oseanologi-LIPI.
- Marinho, P. R., N. K. Simas, R. M. Kuster, R. S. Duarte, S. E. L. Fracalanza, D. F. Ferreira, M. T. V. Romanos, G. Muricy, M. G. DeMarval and M. Silva Laport. 2012. "Antibacterial Activity and Cytotoxicity Analysis Of Halistanol Trisulphate From Marine Sponge *Petromica citrina*." *J Antimicrob Chemother*. 67: 2396-2400.
- Marlijmsen, A. A. M. 1999. *Bacterial Suspension Feeding By Clionid Sponges*. Dept. Marine Biology University of Groningen.
- Masse, S., A. Pisera, G. Laurent, and T. Coradin. 2016. "A Solid State NMR Investigation of Recent Marine Siliceous Sponge Spicules." *Minerals*.
- Matobole, R. M., L. Joaquim van Zyl, S. Parker-Nance, M. T. Davies-Coleman and M. Trindade. 2017. "Antibacterial Activities of Bacteria Isolated From The Marine Sponges *Isodictya Compressa* and *Higginsia Bidentifera* Collected From Algoa Bay, South Africa." *Mar. Drugs*. 15, 47.
- McCaffrey, E. 1985. "Biologically Active Compounds From Two Species Of Marine Sponges." *Proceeding Of The Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti*. Vol. 5: 141-158.
- Meroz-Fine, E., S. Shefer, and M. Ilan. 2005. Changes In Morphology and Physiology Of An East Mediterranean Sponge In Different Habitats. *Marine Biology*. 147: 243-250.
- Meyer, K. M, P. Deines, P. J. Schupp, M. W. Taylor. 2016. "Impact of Explantation Techniques On The Microbiota Of The Marine Sponge *Ecionemia alata*." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 484, 11-15.
- Minale, L. 1984. "Terpenoid dari Bunga Karang Lautan." *Produk Alami Lautan: dari Segi Kimiawi dan Biologi*. (Penerjemah: Koensoemardiyah), Harcourt Brace Jovanovich: Academic Press, Inc.
- Miyaoka, H., H. Mitome, M. Nakano, Yamada. 2000. "Xeniaoxolane: A New Xeniacane-Type Diterpenoid from the Okinawan Soft Coral, *Xenia* sp.; Absolute Configurations of Xeniaoxolane, Xeniaolide-A and Xenialactol." *Tetrahedron*. 56: 7737-7740.
- Mohamed, N. M., J. J. Enticknap, J. E. Lohr, S. M. McIntosh, and R. T. Hill. 2008. "Changes in Bacterial Communities Of The Marine Sponge *Mycale laxissima* On Transfer Into Aquaculture."
- Mohan, G., A. K. T. Thangappanpillai, and B. Ramasamyd. 2018. "Antimicrobial Activities Of Secondary Metabolites And Phylogenetic Study Of Sponge Endosymbiotic Bacteria, *Bacillus* sp. at Agatti Island, Lakshadweep Archipelago." *Biotechnol Rep (Amst)*. 2016 Sep; 11: 44-52.

- Muricy, G. and M. C. Díaz. 2002. "Order Homosclerophorida Dendy, 1905, Family Plakinidae Schulze, 1880." In *Systema Porifera. A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Murray, P. R., W. L. Drew, G. Kobayashi, J. H. Thomson. 1990. *Medical Microbiology*. St. Louis: C.V. Mosby Co.
- Nichols S. and Barnes P. 2005. "A Molecular Phylogeny and Historical Biogeography Of The Marine Sponge Genus *Placospongia* (Phylum Porifera) Indicate Low Dispersal Capabilities and Widespread Crypsis." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 323, 1–15.
- Nurdin, M., H. Usman, A. Ala, and Baharuddin. 2014. "Structural Elucidation of Secondary Metabolites in Sponge (*Callyspongia pseudoreticulata*) with N-Hexane Extract." *International Journal of Agriculture Systems (IJAS)*. Volume 2 Issue 1.
- Osinga, R., D. Redeker, P. B. De Beukelaer, and R. H. Wijffels. 1999. "Measurement of Sponge Growth by Projected body area and Underwater Weight." Proceedings of the 5th International Sponge Symposium; Brisbane, 30 June 1999. Queensland: Memoir of the Queensland Museum 44.
- Osinga, R., J. Tramper, and R. H. Wijffels. 1998. "Cultivation Of Marine Sponges For Metabolite Production: Applications For Biotechnology?" *Tibtech March*. Vol. 16.
- Osinga, R., M. Sidri, E. Cerig, S. Z. Gokalp, and M. Gokalp. 2010. "Sponge Aquaculture Trials In The East-Mediterranean Sea: New Approaches to Earlier Ideas." *The Open Marine Biology Journal*. 2010, 4, 74-81.
- Osinga, R., P. B. de Beukelaer, E. M. Meijer, J. Tramper, and R. H. Wijffels. 1999. "Growth Of The Sponge *Pseudosuberites* (aff.) *Andrewsi* In A Closed System." *Journal of Biotechnology*. 70 (1999) 155–161.
- Parenrengi, A, E. Suryati, Dalfiah, dan Rosmiati. 1999. "Studi Toksisitas Ekstrak Sponge *Auletta* sp. *Callyspongia* sp., dan *C. Pseudoreticulata* terhadap Nener Bandeng (*Chanos chanos*)." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. Vol. V No. 4, 15–22.
- Paul V. J. and W. Fenical. 1987. "Natural Product Chemistry and Chemical Defense in Tropical Marine Algae of the Phylum Chlorophyta." *Bioorganic Marine Chemistry*. Berlin: Springer-Verlag. Volume 1, 1–29.
- Pawlik, J. R. 2011. "The Chemical Ecology of Sponges on Caribbean Reefs: Natural Products Shape Natural Systems." *BioScience*. Vol. 61, No. 11.
- Pawlik, J. R., B. Chanas, R. J. Toonen, W. Fenical. 1995. "Defenses of Caribbean Sponges

- Pisera, A. 2002. "Fossil Lithistids: An Overview." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Pisera, A. and C. Levi. 2002a. "Lithistid Demospongiae." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002b. "Family Azoricidae Sollas, 1888." In *Systema Porifera. A guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002d. "Family Desmanthidae Topsent, 1893." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002e. "Family Scleritodermidae Sollas, 1888." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publisher.
- . 2002f. "Family Pleromidae Sollas, 1888." In *Systema Porifera. A guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002g. "Family Theonellidae Lendenfeld, 1903." In *Systema Porifera. A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002h. "Family Siphonidiidae Lendenfeld, 1903." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002i. "Family Neopeltidae Sollas, 1888." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.) New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002j. "Family Phymatellidae Schrammen, 1910." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002k. "Family Vetulinidae Lendenfeld, 1903." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002l. "Family Isoraphiniidae Schrammen, 1924." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

- Radhika, P., M. Cabeza, Bartoeff, G. Garcia. 2004. "5 α -Reductase Inhibition Activity of Steroids Isolated From Marine Soft Corals." *Steroids*. 69 (2004): 439–444.
- Rani, C. 1999. Respon Pertumbuhan Karang Batu Pocillopora verrucosa Ellis & Solander dan Kepiting Trapezia ferruginea Latreile, Xanthidae yang Hidup Bersimbiosis) pada Beberapa Karakteristik Habitat. *Tesis*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- . 2004. "Reproduksi Seksual Karang Skleraktinia Acropora nobilis dan Pocillopora verrucosa di Terumbu Karang Tropik Pulau Barrang Lompo, Makassar." *Disertasi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Reiswig, H. M. 2002a. "Class Hexactinellida Schmidt, 1870." *In Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002b. "Family Aphrocallistidae Gray, 1867." *In Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002c. "Family Aphrocallistidae Gray, 1867." *In Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002d. "Family Aulocalycidae Ijima, 1927." *In Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002e. "Family Aulocystidae Sollas, 1887." *In Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002f. "Family Craticulariidae Rauff, 1893 (Recent)." *In Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002g. "Family Diapleuridae Ijima, 1927." *In Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002h. "Family Farreidae Gray, 1872." *In Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002i. "Family Tretodictyidae Schulze, 1886." *In Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

- Rutzler, K. and J. Vacelet. 2002. "Family Acanthochaetidae Fischer, 1970." *In Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Rützler, Klaus. 2002. "Family Placospongiidae Gray." 1867. *In Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges*. John N. A. Hooper and Rob W. M. van Soest (Ed).
- Ryu, G., S. Matsunaga, and N. Fusetani. 1994. "Discodermins F-H, Cytotoxic and Antimicrobial Tetradecapeptides From The Marine Sponge *Discodermia kiiensis*: Structure Revision Of Discodermins A-D." *Tetrahedron*. Volume 50, Issue 47, 1994, Pages 13409-13416.
- Sagar, S., M. Kaur, and K. P. Minneman. 2010. "Antiviral Lead Compounds from Marine Sponges." *Mar. Drugs*. 2010, 8, 2619-2638.
- Said, S. A., M. J. Moshi, R. S. O. Nondo, P. J. Masimba, E. Innocent and A. N. Guantai. 2011. "Evaluation Of The Potential Of The Marine Sponges Of The Zanzibar Island To Yield Antimalarial and Antimicrobial Active Compounds." *Tanzania Journal of Health Research*.
- Sammarco, P. W., J. C. Coll. 1988. "The Chemical Ecology of Alcyonarian Corals. Coelenterata: Octocorallia." *In Bioorganic Marine Chemistry*. Scheuer P. J. (Ed.). Volume 2. Berlin: Springer – Verlag.
- Sammarco, P. W., J. C. Coll, S. La Barre, and B. Willis. 1983. "Competitive Strategies Of Soft Corals (Coelentereta: Octocorallia): Allelopathic Effects on Selected Scleractinian Corals." *Coral Reefs*. 1: 173-176.
- Sara, M. 1992. "Porifera." *In Reproductive Biology Of Invertebrates: Sexual Differentiation and Behaviour*. Adiyodi K. G., Adiyodi R. G. (Ed.). Volume V. New York: John Wiley & Sons Chisester.
- 2002. "Tethyidae Gray, 1848." *In Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Scheffers, S. 1995–1996. "(Auto-) Ecological Aspects Of The Tropical Reefsponge *Desmamsamma Anchorata*." *On The Reefs Of Curacao (NA)*. Amsterdam: Department of Biology University of Amsterdam.
- Schiefenhovel, K. and A. Kunzmann. 2012. "Research Article Sponge Farming Trials: Survival, Attachment, and Growth of Two Indo-Pacific Sponges, *Neopetrosia* sp. and *Stylissa massa*." *Journal of Marine Biology*. Volume 2012.
- Schlegel, H. G., K. Schmidt. 1994. "Mikrobiologi Umum." Baskoro R. M. T, penerjemah; Wattimena J. R. (Ed.). (Terjemahan: Allgemeine Mikrobiologie). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Thoms, C. and P. J. Schupp. 2007. "Chemical Defense Strategies In Sponges: A Review." *Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability*. Pp 627-637, Serie Livros 28, Rio de Janeiro, Brazil: Museu Nacional.
- Thoms, C., M. Wolff, K. Padmakumar, R. Ebel, and P. Proksch. 2004. "Chemical Defense of Mediterranean Sponges *Aplysina Cavernicola* and *Aplysina aerophoba*" [Abstract]. *Z Naturforsch [C]*. Jan-Feb; 59 (1-2):113-22.
- Tietjen, I., D. E. Williams, S. Read, X. T. Kuang, P. Mwimanzi, E. Wilhelm, T. Markle, N. N. Kinloch, C. N. Napphen, K. Tenney, T. Mesplède, M. A. Wainberg, P. Crews, B. Bell, R. J. Andersen, Z. L. Brumme, and M. A. Brockman. 2018. "Inhibition of NF- κ B-dependent HIV-1 Replication By The Marine Natural Product Bengamide A." *Antiviral Research*. Volume 152, April 2018, Pages 94-103.
- Trautman, D. A., R. Hinde, and M. A. Borowitzka. 2000. "Population Dynamics Of An Association Between A Coral Reef Sponge and A Red Macroalga." *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 244: 87-105.
- Trianto, A., R. N. Nissa, D. P. Wijayanti, A. Rifai, D. H. Ismunarti, dan Destio. 2013. "Laju Pertumbuhan dan Kelulushidupan Transplan Spons *Amphimedon* sp." *Ilmu Kelautan*. Vol 18, No 4 (2013).
- Tsoukatou, M., C. Hellio, C. Vagias, C. Harvala, V. Roussis. 2002. "Chemical Defense And Antifouling Activity Of Three Mediterranean Sponges Of The Genus *Ircinia*" [Abstract]. *Z Naturforsch [C]*. Jan-Feb; 57 (1-2): 161-71.
- Uriz, M. J. 2002a. "Family Geodiidae Gray, 1867." In *Systema Porifera: A guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002b. "Family Thrombidae Sollas, 1888." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002c. "Family Ancorinidae Schmidt, 1870." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Uriz, M. A. J., X. Turon, M. A. Becerro, and G. Agell. 2003. "Siliceous Spicules and Skeleton Frameworks in Sponges: Origin, Diversity, Ultrastructural Patterns, and Biological Functions." *Microscopy Research and Technique*. 62:279-299.
- Utkina, N. K., A. E. Makarchenko, O. V. Shchelokova, and M. V. Virovaya. 2004. "Antioxidant Activity Of Phenolic Metabolites From Marine Sponges." *Chemistry of Natural Compounds*. Vol. 40, No. 4.

- Vacelet, J. 2006. "New Carnivorous Sponges (Porifera, Poecilosclerida) Collected From Manned Submersibles In The Deep Pacific." *Zoological Journal of the Linnean Society*. 148, 553–584.
- Vacelet, J., R. Borojevic, N. Boury-Esnault, and M. Manuel. 2002. "Order Murrayonida Vacelet, 1981." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Van Soest, R. W. M. 1987. "Phylogenetic Exercises with Monophyletic Groups of Sponges." In *Taxonomy of Porifera. NATO ASI Series (Series G: Ecological Sciences)*. Vacelet J., Boury-Esnault N. (Ed.). Vol 13. Springer, Berlin, Heidelberg.
- . 1989. "The Indonesian Sponge Fauna: A Status Report." *Netherlands Journal of Sea Research*. 23 (2): 223-230.
- . 2002a. In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002b. "Suberitidae Schmidt, 1870." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Van Soest, R. W. M and J. N. A. Hooper. 2002a. "Family Samidae Sollas, 1888." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002b. "Family Sollasellidae Lendenfeld, 1887." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002c. "Family Stylocordylidae Topsent, 1892." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002d. "Order Spirophorida Bergquist & Hogg, 1969." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- . 2002e. "Family Spirasigmidae Ballmann, 1912." In *Systema Porifera: A Guide To The Classification Of Sponges*. Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. M. (Ed.). New York, Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Van Soest, R. W. M. and B. J. Baker. 2011. "A New Carnivorous Shallow-Water Sponge From McMurdo Sound, Antarctica (Porifera, Poecilosclerida)." *Mar Biodiv*. 41: 495–501.

- Westinga, E and P. C. Hoetjes. 1981. "The Intrasponge Fauna of *Sphaciospongia vesparia* (Porifera, Demospongiae) at Curacao and Bonaire." *Marine Biology*. 62, 139-150.
- White, K. N., K. Tenney, and P. Crews. 2017. "The Bengamides: A Mini-Review of Natural Sources, Analogues, Biological Properties, Biosynthetic Origins, and Future Prospects." *J. Nat. Prod.* 2017, 80, 740–755.
- Wilkinson, C. R. and A. C. Cheshire. 1988. "Growth Rate of Jamaican Coral Reef Sponges After Hurricane Allen." *Biological Bulletin*. Vol. 175, No. 1 (Aug., 1988), pp. 175-179.
- Wilkinson, C. R., E. S. Roger, E. Elizabeth. 1999. "Nitrogen Fixation In Symbiotic Marine Sponges: Ecological Significance and Difficulties In Detection." Proceedings of the 5th International Sponge Symposium; Brisbane, 30 June 1999. Queensland: Memoir of the Queensland Museum 44.
- Wilkinson, Clive, and Anthony Cheshire. 1988. "Growth Rate of Jamaican Coral Reef Sponges After Hurricane Allen." *Biol. Bull.* 175: 175-179.
- Willenz, P. and W. D. Hartman. 1985. "Calcification Rate of *Ceratoporella nicholsoni* (Porifera: Sclerospongiae): An In Situ Study With Calcein." Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress. Vol. 5. Tahiti.
- , 1989. "Micromorphology and Ultrastructure Of Caribbean Sclerosponges I. *Ceratoporella nicholsoni* and *Stromatospongia norae* (Ceratoporellidae: Porifera)." *Marine Biology* 103, 387-401.
- Wood-Charlson, E. M. 2013. "Marine Symbioses: Metazoans and Microbes." *Encyclopedia of Biodiversity*. Volume 5.
- Wörheide G., Dohrmann, M., Erpenbeck D., Larroux C., Maldonado M., Voigt, O., Borchiellini C., Lavrov D. V. 2012. "Deep Phylogeny and Evolution Of Sponges (Phylum Porifera)." *Advances In Marine Biology*. 61, 1–78.
- Wright J. T., K. Benkendorff, A. R. Davis. 1997. "Habitat Associated Difference in Temperate Sponge Assemblage: The Importance of Chemical Defense." *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 213: 199–213.
- Wrona, R. 2004. "Cambrian Microfossils From Glacial Erratics Of King George Island, Antarctica." *Acta Palaeontologica Polonica*. 49, 13–56.
- Yulia dan Z. A. Zainol. 2013. "Melindungi Keanekaragaman Hayati dalam Kerangka Protokol Nagoya." *Mimbar Hukum*. Volume 25. Nomor 2. Juni 2013. Halaman 271-283.
- Zakai, D., O. Levy, and N. E. Chadwick-Furman. 2000. "Experimental Fragmentation Reduces Sexual Reproductive Output by the Reef-Building Coral *Pocillopora damicornis*." *Coral Reef*. 19: 185–188.

- Zea, S. and E. Weil. 2003. "Taxonomy Of The Caribbean Excavating Sponge Species Complex *Cliona caribbaea* - *C. aprica* - *C. langae* (Porifera, Hadromerida, Clionaidae)." *Caribbean Journal of Science*. Vol. 39. No. 3, 348-370.
- Zea, S., J. P. Fernando, M. Alejandro, and D. Carmenza. 1999. "Production of Bioactive Furanosesterpene Tetrone Acids As Possible Internal Chemical Defence Mechanism In The Sponge *Ircinia felix* (Porifera: Demospongiae)." Proceedings of the 5th International Sponge Symposium; Brisbane, 30 June 1999. Queensland: Memoir of the Queensland Museum 44.
- Zhang, X. Y., Q. Y. Zhao, S. Xue, W. Zhang. 2002. "Bioactive Compounds From Marine Sponges and Cell Culture Of Marine Sponges," (Abstract). *Sheng Wu Gong Cheng Xue Bao*. Jan, 18 (1): 10-5.
- Zhou, J. 2019. "Handbook Of Active Natural Products." *Terpenoids*. Volume 1: Part 1. Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH.
- Zubaydah, W. O. S., W. Sahidin, T. A. Halik, R. Andriani, A. Indalifiany, and A. Fristiohady. 2019. "Anti-Inflammatory Activity of Pharmaceutical Gel Of Ethanolic Extract From Marine Sponge *Xestospongia* sp." *Borneo Journal of Pharmacy*. Volume 2 Issue 1, May 2019: 1-9.

Sumber Internet:

- Anonymous, 2004. "Natural Product with Anti-HIV Activity." <http://home.ncifcrf.gov/mtdp/compounds/645983.html>. Diakses tanggal 5 April 2004.
- Burkepile, D. 2004. "Allelopathy and Competition for Space." http://www.prism.gatech.edu/~gte872w/Deron_Burkepile.html. Diakses tanggal 5 April 2004.
- García-Hernández, J. E., N. J. de Voogd, van Soest, R. W. M. 2016. "Sponges (Porifera) of St. Eustatius." <https://www.researchgate.net/publication/308435297>. Diakses tanggal 13 Februari 2017.
- Herlt, A. J. U. W. A. R. Romberg, R. J. Rumampuk. 2002. Isolation of New Natural Products from The Marine Sponge *Aaptos aaptos*. Webmaster@rsc.anu.edu.au. Diakses tanggal 5 April 2004.
- Hooper, J. N. A. 2004. "Spongicide: Guide to Sponge Collection and Identification." <http://www.qmuseum.qld.gov.au/organisation/sections/SessileMarineInvertebrates/index.asp>. Diakses tanggal 5 April 2004.
- U. S. Food & Drug Administration. Center for Food Safety & Applied Nutrition, 2004. Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook. <http://vm.cfsan.fda.gov/~mow/chap3.html>. Diakses tanggal 5 April 2004.



μm	Mikron = 1/1000 mm.
Acantho	Awalan yang berarti permukaannya kasar atau berduri halus, misalnya <i>Acanthoxea</i> , <i>acanthorhabd.</i>
-actin	Menentukan jumlah sinar (akhiran).
Actine	Sinar tunggal sebuah spikula.
Agglutinate	Menggabungkan butiran pasir ke dalam tubuh spons yang menempel bersama-sama sebagai suatu massa.
Alae	Ekstensi terminal atau lateral "seperti gigi" dari sebuah mikrosklera.
Amoebocyte	Sel-sel yang bergerak pada mesohyl.
Amorphous	Tanpa bentuk yang jelas, sering kali dengan permukaan yang melengkung, berbentuk kentang atau umbi, dan masif.
Amphiaster	Sebuah mikrosklera dengan duri atau kelopak yang memancar dari kedua ujungnya atau mikrosklera dengan jumlah sinar sama yang diproyeksikan dari kedua ujung centrum memanjang, berjarak sama dari pusat; awalan mendefinisikan bentuk sinar, apakah halus dan runcing (<i>oxy-</i>) atau bulat dan kuat (<i>strongylo-</i>)
Amphidisc	(<i>Biotulate</i>) spikula diactine dengan umbel-umbel, sering sama satu sama lain, pada ujung yang berlawanan.
Anastomose	Koneksi silang antara dua tabung atau cabang.
Anatriaene	Sebuah <i>triaene</i> dengan selubung melengkung ke belakang menuju poros yang panjang.
Anaxial desma	Tanpa <i>crepis</i> (lihat <i>sphaeroclone</i>).
Anchorate	Ujung spikula dengan dua atau lebih duri mirip cakar, sering kali dalam bentuk lingkaran.
Aniso	Spikula yang ujungnya asimetris, misalnya <i>anisoxea</i> (awalan).
Anisochela	Mikrosklera <i>chelate</i> dengan ujung yang tidak rata (<i>uneven</i>).
Anisoxeote	Spikula dengan titik-titik berbeda secara morfologis.
Anthaster	<i>Euaster</i> dengan <i>tuberculate</i> , bergigi (<i>denticulate</i>), menjari (<i>digitate</i>) atau pelebaran duri di ujung sinar



A

- Aaptos aaptos*, 8, 140, 141, 208, 213, 214, 215, 216, 263, 266, 268, 269, 270, 272, 274, 345, 491, 493, 547
- Aaptos tenta*, 377, 547
- Acanthella cavernosa*, 389, 390, 547
- Agelas oroides*, 266, 309, 310, 547
- Agelasida*, 22, 46, 48, 108, 113, 547
- Alectonidae*, 106, 130, 144, 145, 146, 506, 547
- Amphidiscella lecus*, 27, 473, 475, 476, 547
- Amphidiscosida*, 109, 180, 547
- Amphimedon*, 4, 263, 265, 266, 279, 331, 333, 335, 338, 340, 490, 495, 510, 547
- Amphinolana*, 134, 547
- Amphoriscus semoni*, 112, 457, 458, 547
- Anaderma*, 150, 547
- Anchorate basalia*, 547
- Ancorinidae*, 66, 105, 106, 121, 122, 123, 130, 438, 507, 511, 547
- Anisotropic*, 371, 547
- Anti-HIV*, 483, 547
- Aphrocallistes vastus*, 25, 85, 86, 88, 324, 420, 421, 547
- Aphrocallistidae*, 109, 184, 188, 503, 504, 547
- Aplysina aerophoba*, 54, 309, 310, 338, 492, 510, 513, 547
- Apopylar*, 547
- Arborescent*, 516, 547
- Archaeocyatha*, v, 102, 110, 197, 487, 547
- Archaeocytes*, 54, 204, 216, 218, 221, 544, 547
- Arturia*, 168, 169, 547
- Asbestopluma*, 299, 300, 303, 304, 305, 547
- Ascaltis grisea*, 410, 411, 547
- Ascandra kakaban*, 111, 172, 547
- Ascoleucetta sagittate*, 460, 547
- Astrophorida*, 18, 19, 78, 105, 106, 113, 121, 123, 125, 127, 130, 147, 234, 438, 486, 493, 512, 534, 547
- Asynchronous*, 547
- atrasanguinea*, 352, 365, 449, 450, 549
- Aulocalycidae*, 109, 190, 504, 517, 547
- Aulocystidae*, 109, 192, 193, 504, 547
- Aulosaccus schulzei*, 417, 547
- australiensis*, 112, 386, 387, 455, 456, 547, 549
- Axinella cannabina*, 3, 309, 310, 340, 547
- Axinellidae*, 21, 103, 107, 130, 208, 440, 547
- Azoricidae*, 79, 81, 106, 149, 153, 154, 501, 547

B

- Basiphytose*, 547
- Basopinacoderm*, 43, 547
- Bath spon*, 6, 343, 547
- Bathydorus*, 196, 547
- Bauplan*, 547
- berau*, 452, 453, 454, 548



Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M. Si., Abdul Haris dilahirkan di Masamba, 09 Desember 1965. Pendidikan dasar dan menengah ditempuh di Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan pada tahun 1973-1985. Gelar Sarjana Perikanan/Insinyur diperoleh di Universitas Hasanuddin pada tahun 1990, sedangkan gelar Magister pada tahun 2001 dan Doktor Ilmu Kelautan diperoleh di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2005. Jabatan fungsional tertinggi, sebagai Profesor bidang Biologi Laut diraih pada 1 April 2014. Sejak tahun 1994

sampai sekarang menjadi dosen tetap di Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Sejak tahun 1994 sampai sekarang telah melakukan beberapa penelitian yang didanai melalui penelitian hibah kompetitif nasional dan beberapa penelitian kolaboratif dengan peneliti asing yang bernaung di Operation Wallacea. Objek penelitian yang banyak dilakukan adalah biota-biota laut yang berasosiasi dengan terumbu karang, terutama spons, karang batu, dan karang lunak. Beberapa tahun terakhir bersama dengan peneliti Operation Wallacea telah menerbitkan belasan artikel pada jurnal internasional bereputasi. Sejak tahun 2013 sampai sekarang telah menerbitkan beberapa buku referensi, di antaranya *Biologi dan Ekologi Udang Karang (Spiny Lobster)*, *Pedoman Survey Laut*, *Profil Pulau-Pulau Kecil Sulawesi Barat*, *Pengantar Selam Ilmiah*, dan *Karang Lunak Anthozoa: Octocorallia*. Penghargaan yang pernah diraih adalah Piagam Tanda Kehormatan Presiden Republik Indonesia Satya Lencana Karya Satya X dan XX Tahun. Sejak tahun 2011 sampai sekarang menjadi tenaga ahli di beberapa kegiatan Pemerintah Daerah di Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat, dan Kepulauan Riau, termasuk pada BUMN PT. Antam Tbk. di Halmahera Timur. Jabatan struktural di Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan sejak tahun 2018 sampai saat ini adalah Ketua Gugus Penjaminan Mutu.

Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., Jamaluddin Jompa adalah Guru Besar di Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin Makassar. Penulis lahir di Takalar pada tanggal 8 Maret 1967. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Perikanan Unhas pada tahun 1998, lalu diangkat menjadi Dosen di Unhas pada tahun berikutnya. Kemudian menyelesaikan pendidikan S2 di McMaster University, Canada pada tahun 1996 dan menyelesaikan program Doktor di James Cook University, Australia pada tahun 2001 serta dianugerahi penghargaan sebagai JCU Outstanding Alumni tahun 2018. Pada tahun 2004, penulis dilantik menjadi Kepala Pusat Penelitian Terumbu Karang Unhas yang kemudian berganti nama menjadi Pusat Penelitian dan Pengembangan Laut, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil pada tahun 2011.



Di samping sangat aktif pada tugas-tugas akademik secara nasional dan internasional, penulis juga diberi tanggung jawab menjadi Ketua Konsorsium Mitra Bahari Sulawesi Selatan (2004-2007), Sekretaris Executive COREMAP II National (2007-2011), dan aktif dalam program Coral Triangle Initiative (CTI). Terakhir sebagai Ketua Kelompok Ahli – NCC CTI Indonesia. Penulis juga menjabat sebagai Sekjen Indonesian Coral Reef Society (INCRES), Presiden Akademi Ilmuwan Muda Indonesia (ALMI) tahun 2015-2018. Saat ini menjabat sebagai Dekan di Sekolah Pascasarjana Unhas dan Ketua Center of Excellent for Marine Resilience and Sustainable Development (MaRSAVE) Unhas. Keterlibatannya dalam bidang Marine Ecology telah banyak memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan maupun penyelesaian terhadap masalah yang terjadi pada ekosistem laut. Penulis telah menerbitkan sedikitnya 75 publikasi internasional dan 35 publikasi nasional. Saat ini penulis diberi kepercayaan untuk menyelesaikan problematik pengelolaan konservasi laut di Indonesia melalui Pew Fellowship Program. Jamaluddin Jompa menikahi Hartati Tamti pada tahun 1996 dan dikaruniai empat anak, yakni Muthiah Nur Afifah, Maulana Nur Ikhsan, Ahmad Walid Jamal, dan Fahri Nur Jauhar.