

Identifikasi Senyawa Sitotoksik Karang Lunak *Sarcophyton* sp. Dari Perairan Pulau Panggang Taman Nasional Kepulauan Seribu

(Identification of Cytotoxic Compounds in Soft Coral *Sarcophyton* sp. from Panggang Island Water, Seribu Islands National Parks)

SRI ISWANI^{1,2}, DUDI TOHIR¹, HEDI INDRA JANUAR^{2*}

¹Program Studi Kimia, MIPA, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga
Jl. Agatis Wing 2 Level 4 Bogor 16144.

²Balai Besar Penelitian dan Pengembangan, Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Jl. KS Tubun Petamburan VI Slipi Jakarta Pusat 10260.

Diterima 7 Februari 2014, Disetujui 18 Agustus 2014

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa sitotoksik dari *Sarcophyton* sp. yang hidup dengan mendominasi ruang bentik di perairan Pulau Panggang Taman Nasional Kepulauan Seribu. Proses isolasi menggunakan kromatografi preparatif dengan pemandu fraksinasi uji sitotoksik terhadap sel tumor MCF-7. Sementara, elucidasi isolat aktif didasari dari teknik spektroskopi UV-VIS, HR-ESI-MS, dan NMR 400 MHz. Hasil penelitian menemukan tiga jenis senyawa sitotoksik, yaitu cembranoid sarcophytoxide (IC_{50} 36,041 ppm), Sarcophytol (IC_{50} 71,03 ppm), dan sarcophytolide (IC_{50} 67,227 ppm). Secara ekologis, hal ini menunjukkan bahwa *Sarcophyton* sp. dari terumbu karang perairan Pulau Panggang menghasilkan berbagai senyawa bioaktif, sehingga mampu memenangkan persaingan ruang hidup, menghindari predasi, dan mendominasi di wilayah ini.

Kata kunci: sarcophyton, sarcophytoxida, sarcophytol, sarcophytolida, sitotoksik.

Abstract: This research aimed to identify the cytotoxic compounds from *Sarcophyton* sp. which dominated the coral reefs area at Panggang Islands water, Seribu Islands National Parks. Preparative chromatography and bioassay MCF-7 cell lines guided fractionation had been used in isolation process of cytotoxic compounds. Moreover, UV-VIS, HR-ESI-MS, and 400 MHz NMR spectroscopy methods had been used as the technique to elucidated all of the active compound. The result of this study found three active cytotoxic compounds. These compounds were Sarcophytol (IC_{50} 36,041 ppm), sarcophytol (IC_{50} 71,03 ppm), and sarcophytolide (IC_{50} 67,227 ppm). Ecologically, these results showed that *Sarcophyton* from Panggang Islands coral reefs waters produced a diversified bioactive compound so this organism can win the spatial competition, detterant predation, and dominate in this area.

Keywords: sarcophyton, sarcophytoxide, sarcophytol, sarcophytolide, cytotoxic activity.

PENDAHULUAN

BIOTA *sessile* terumbu karang seperti karang lunak merupakan sumber penghasil senyawa bioaktif yang potensial. Secara ekologis, biota yang tidak mampu berpindah tempat ini memproduksi senyawa bioaktif

sebagai alternatif dalam mempertahankan hidupnya atau berinteraksi dengan lingkungannya⁽¹⁾. Oleh karena itu, biota yang mampu mendominasi ruang hidup terumbu karang dapat diperkirakan memiliki senyawa bioaktif dalam jumlah yang besar. Salah satu biota terumbu karang yang memiliki karakteristik tersebut adalah karang lunak *Sarcophyton* sp dari Perairan Pulau Panggang, Kepulauan Seribu⁽²⁾. *Sarcophyton* sp.

* Penulis korespondensi, Telp. 021-53650157
e-mail: idjanuar@kkip.go.id

merupakan biota karang lunak golongan Octocorallia yang mampu mendominasi di wilayah terumbu karang perairan Pasifik⁽³⁾. Kemampuan dalam mendominasi ini didasarkan pada tingkat ketahanannya terhadap penurunan kualitas perairan serta kemampuan dalam memproduksi senyawa bioaktif^(4,5).

Namun hingga saat ini, studi isolasi kandungan kimiawi senyawa aktif antitumor *Sarcophyton* sp. dari Pulau Panggang bagian selatan Kepulauan Seribu belum dilakukan. Beberapa studi yang telah dilakukan terhadap biota tersebut dari wilayah ini adalah menguji kemampuan bioaktivitas ekstrak kasarnya sebagai antibakteri dan aktivitas inhibitor protease⁽⁶⁻⁸⁾. Hal inilah yang mendasari penelitian ini dengan tujuan untuk melakukan identifikasi senyawa bioaktif yang mempunyai aktivitas sebagai antitumor (sitotoksik) dari biota *Sarcophyton* sp. yang berasal dari Perairan Pulau Panggang Bagian Selatan Taman Nasional Kepulauan Seribu.

BAHAN DAN METODE

BAHAN. Sampel karang lunak *Sarcophyton* sp., metanol, sel tumor MCF-7, diklorometana, asetonitril.

Alat. *Global Positioning System* (GPS), kolom fraksinasi ODS C18, Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT), spektrofotometer UV-Vis, *mass spectrometer*, *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR) *Spectroscopy*.

METODE. Sampel karang lunak *Sarcophyton* sp. diambil pada kedalaman 5 meter dengan cara penyelaman (*self-contained underwater breathing (SCUBA) diving*) dari perairan Pulau Panggang bagian selatan, Taman Nasional Kepulauan Seribu. Koordinat pengambilan sampel dicatat mempergunakan GPS (Garmin). Sampel kemudian ditimbang dan dimaserasi menggunakan larutan metanol p.a dengan perbandingan 1:1 (b/v) di dalam botol gelap.

Di laboratorium, sampel diekstraksi ulang, dan maseratnya dievaporasi dan dikeringkan hingga didapatkan ekstrak kasar. Ekstrak kasar ini di uji bioaktivitasnya menggunakan sel tumor MCF-7 (sel lestari tumor payudara), yang merupakan sel lestari koleksi Laboratorium Bioteknologi, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan. Selanjutnya, metode pemurnian senyawa bioaktif didasari metode *bioassay guided fractionation* menggunakan sel tumor yang sama. Pada tahapan fraksinasi awal mempergunakan kolom ODS C18 (25 g x 150 mL Phenomenex), dengan fraksi A (metanol : air 1:1), fraksi B (metanol), fraksi C (metanol : diklorometana 1:1), dan fraksi D (diklorometana). Isolasi senyawa bioaktif dari fraksi paling aktif

dilakukan menggunakan KCKT preparatif Shimadzu LC-20AP dengan kolom Shimadzu ODS 250 x 20 mm dengan fasa gerak gradient air asetonitril selama 60 menit dan penampung fraksi yang diatur pengumpulannya tiap menit. Identifikasi senyawa aktif dilakukan menggunakan berdasarkan spektra UV-Vis (*detector* PDA pada KCKT), *mass spectrometer* resolusi tinggi (Shimadzu Prominence HR-ESI- MS TOF), dan teknik satu dimensi (1H, 13C, dan DEPT 135) dan dua dimensi (HMQC, COSY, dan HMBC) NMR pada spektrometer Jeol ECS NMR 400 MHz.

HASIL DAN PEMBAHASAN

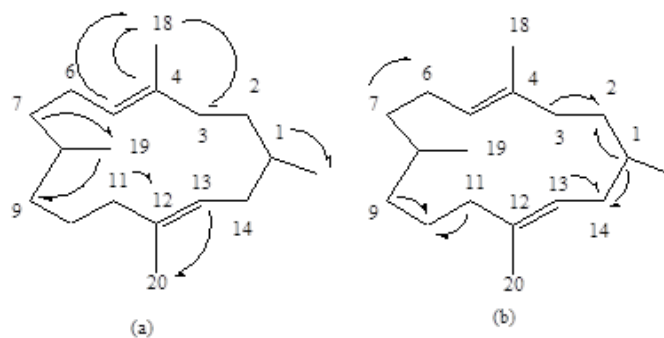
Rendemen ekstrak kasar metanol yang diperoleh sebanyak 0,6683 g (0,3182%) dari berat basah karang lunak *Sarcophyton* sp. (210 g). Selanjutnya dilakukan fraksinasi menggunakan kolom SPE (*Solid Phase Extraction*) dengan bahan pengisi C₁₈. Hasil fraksinasi dari ekstrak ini menunjukkan bahwa fraksi B memberikan nilai rendemen tertinggi (481,9 mg, 72,11%) dibandingkan fraksi lainnya yaitu fraksi A (91,3 mg, 13,66%), fraksi C (59,5 mg, 8,90%), dan fraksi D (4,7 mg, 0,70%). Nurhayati *et al.* menyatakan bahwa nilai rendemen yang tinggi menunjukkan banyaknya komponen bioaktif yang terkandung di dalam suatu komponen⁽⁸⁾. Berdasarkan hal ini, dapat diketahui bahwa fraksi mayor dari ekstrak sampel adalah senyawa-senyawa dengan kepolaran menengah hingga tinggi. Hal ini selaras dengan tingkat bioaktivitas yang dikandung tiap fraksi. Fraksi B memiliki aktifitas sitotoksik yang paling aktif dengan IC₅₀ sebesar 37,675 ppm, selanjutnya diikuti oleh fraksi C (187,688 ppm), fraksi A (1.090,171 ppm), dan fraksi D (31.506,843 ppm). Meyer *et al* menetapkan bahwa suatu ekstrak dikatakan aktif jika IC₅₀ < 50 ppm, maka dapat dikatakan bahwa hanya F2 yang tergolong sebagai ekstrak aktif⁽⁹⁾. Selanjutnya, pemisahan fraksi B dengan menggunakan kolom HPLC preparatif menghasilkan tiga isolat aktif berdasarkan uji proton NMR dan sitotoksik terhadap MCF-7.

Isolat 1 merupakan minyak berwarna kekuningan lemah dengan IC₅₀ terhadap pertumbuhan sel tumor MCF-7 sebesar 30.041 ppm. Spektra UV-Vis dari senyawa ini yang maksimum pada 252 nm menunjukkan adanya gugusan oksigenasi yang terdapat dalam struktur senyawa isolat. Analisis ¹³C dan ¹H menemukan bahwa terdapat 20 atom karbon dan 30 atom hidrogen yang terdapat di senyawa ini. Analisis massa akurat menemukan rumus molekul senyawa ini adalah C₂₀H₃₀O₂ dengan m/z pada 325,2080 ([M+Na]⁺). Rumus molekul ini menunjukkan adanya 6 *double bond equivalent* (DBE). Berdasarkan analisis NMR ¹H dan ¹³C dapat diketahui bahwa senyawa

memiliki tiga ikatan rangkap dua pada δ_c 140,5, 135,9, 133,8, 128,097, 125,3, dan 123,292. Selisih antara nilai DBE dan jumlah ikatan rangkap menunjukkan adanya tiga sistem siklik dalam senyawa. Selain itu, geser kimia atom karbon juga menunjukkan adanya atom karbon yang berikatan dengan atom oksiden pada δ_c 85,2, 78,3, 62,5, dan 60,3. Empat gugus metil (CH_3) terlihat dari singlet geser kimia pada δ_c 17,7, 16,4, 15,4, dan 10,4. Analisis data ^{13}C DEPT 135 menemukan adanya 5 atom karbon jenis C, 4 atom karbon CH, 7 atom karbon CH_2 , dan 4 atom karbon CH_3 . Atom 1H dan ^{13}C yang berasosiasi ditentukan berdasarkan spektra kontur HMQC seperti pada Tabel 1. Korelasi kopling jarak jauh antara 1H - ^{13}C dalam kontur HMBC terdeteksi antara H_3 -18 ke C-3, C-4, dan C-5, lalu antara H_3 -19 ke C-7, C-8, dan C-9, kemudian antara H_3 -20 ke C-11, C-12, dan C-13, serta antara H_3 -17 ke C-1, C-16, dan C-15 menunjukkan posisi tiap gugus metil pada senyawa. Analisis HMBC dan COSY menemukan adanya korelasi siklik antara C-1

hingga C-14 (Gambar 1). Bentuk ini merupakan pola yang khas bagi senyawa cembranoid dari senyawa-senyawa karang lunak. Gugus *sampling* dari cincin cembran terlihat pada kontur HMBC dan COSY menemukan bahwa ikatan C-8 dan C-9 membentuk gugus siklik diol serta gugus eter antara C-14 dan C-15 dan gugus metil pada C-18, C-19, dan C-20. Struktur dari senyawa ini seperti yang terlihat pada Gambar 3. Penelusuran struktur senyawa yang ditemukan ini terhadap database kimiawi *Chemspider*, menemukan bahwa senyawa sitotoksik ini adalah Sarcophytol.

Isolat 2 merupakan senyawa toksik dengan IC_{50} sebesar 71,030 ppm dan karakteristik serapan UV maksimum pada 247 nm. Analisis ^{13}C dan 1H menemukan bahwa terdapat 20 atom karbon. Deduksi dari data pada analisis massa akurat menemukan rumus molekul senyawa ini adalah $C_{20}H_{32}O_2$ dengan m/z pada 327,2291 $[M+Na]^+$. Rumus molekul ini menunjukkan adanya 5 DBE. Telaah data seperti yang terdapat pada Tabel 1, menunjukkan adanya empat



Gambar 1. Pola kopling HMBC (a) dan COSY (b) di struktur cembranoid isolat 1 dan 2.

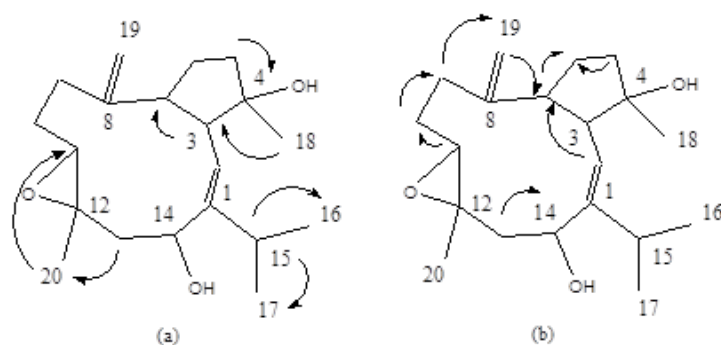
Tabel 1. δ_c dan δ_H dari isolat Sarcophytoxide (isolat 1), Sarcophytol (isolat 2), dan sarcophytolide (isolat 3).

No	Isolat 1		Isolat 2		Isolat 3	
	C	H	C	H	C	H
1	128,1	-	132,6	-	151,1	-
2	23,7	2,33, 2,33	87,1	5,24	128,3	5,22
3	38,6	2,06, 2,02	84,6	5,34	55,3	2,69
4	135,9	-	129,6	-	75,1	-
5	123,3	-	116,5	5,79	42,9	2,05, 2,10
6	23,2	5,05	25,6	1,23, 2,02	25,4	2,19, 2,24
7	38,9	2,21, 2,19	27,2	1,23, 2,02	60,2	2,55
8	60,3	1,14, 1,12	128,5	-	132,6	-
9	62,5	-	113,6	5,38	23,8	2,17, 2,23
10	27,4	2,71	25,3	1,22, 20,2	25,4	2,19, 2,24
11	34,9	1,73, 1,77	26,5	1,23, 20,3	65,4	2,95
12	140,5	2,26, 2,30	131,2	-	62,3	-
13	125,3	-	122,1	5,36	39,8	2,06, 2,12
14	85,3	5,26	119,1	5,39	77,3	3,95
15	78,3	5,41	38,3	2,56	26,6	2,54
16	133,8	4,49, 4,48	17,706	0,89	20,9	1,03
17	10,4	-	15,58	1,12	23,8	1,17
18	15,4	1,67	23,674	2	22,1	1,14
19	16,4	1,59	22,015	1,77	119,1	4,85, 4,80
20	17,7	1,18	20,824	1,81	17,7	1,71

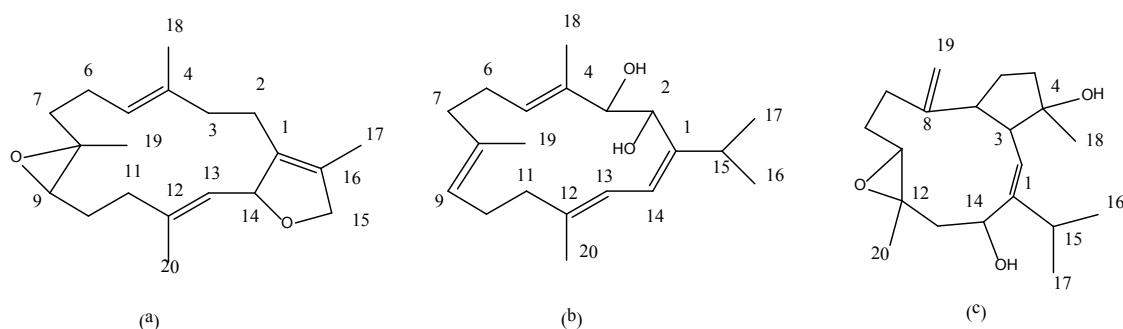
ikatan rangkap dua di delapan atom karbon yaitu pada δ_c 136,2, 131,2, 129,6, 128,5, 122,1, 119,1, 116,5, 113,6. Berdasarkan nilai DBE yang dikurangi dengan jumlah ikatan rangkapnya, maka dapat diketahui bahwa senyawa ini memiliki satu cincin siklik. Karakteristik korelasi HMBC antara C-1 hingga C-14 membentuk pola yang sama seperti pada isolat 1, yaitu kerangka senyawa cembranoid. Pada rantai samping, lima geser kimia pada δ_c 23,7, 22,1, 20,8, 17,7, dan 15,6, menunjukkan bahwa struktur memiliki lima gugus metil. Dua δ_c pada 87,1 dan 84,6 menyiratkan bahwa molekul senyawa memiliki dua atom karbon yang teroksidasi mengikat gugus hidroksil. Telaah data HMBC dan COSY yang selaras dengan struktur isolat 1 (Gambar 1) menunjukkan bahwa struktur senyawa ini seperti pada Gambar 3. Penelusuran struktur senyawa yang ditemukan ini terhadap database kimiawi Chemspider, menemukan bahwa senyawa sitotoksik ini adalah cembranoid sarcophytol.

Isolat 3 merupakan minyak kekuningan dengan IC_{50} sebesar 67,227 ppm. Senyawa ini juga diduga memiliki gugus oksigenasi karena memiliki karakteristik serapan UV-Vis maksimum pada 252 nm. Analisis ^{13}C dan 1H menemukan bahwa terdapat 20 atom karbon dan 32 atom hidrogen. Pada analisis massa akurat menemukan rumus molekul senyawa ini adalah $C_{20}H_{32}O_3$ dengan m/z pada 343,2275 $[M+Na]^+$. Rumus molekul ini menunjukkan adanya 5 DBE. Berdasarkan analisis NMR 1H dan ^{13}C (Tabel 1),

dapat diketahui bahwa senyawa memiliki empat atom karbon yang berikatan rangkap dua pada δ_c 151,1, 128,3, 132,6, dan 119,1. Selisih antara jumlah ikatan rangkap dan nilai DBE menunjukkan bahwa senyawa memiliki tiga struktur karbon siklik. Dua atom karbon pada δ_c 65,4 dan 62,3 menyiratkan adanya gugus epoksi, seperti halnya isolat 1. Keberadaan gugus hidroksil, C-OH, juga terdeteksi dengan adanya δ_c 77,3 dan 75,1. Empat gugus metil (CH_3) terlihat dari singlet geser kimia pada δ_c 20,9, 23,8, 22,1, dan 17,7. Analisis data ^{13}C DEPT 135 menemukan adanya 4 atom karbon jenis C, 6 atom karbon CH, 6 atom karbon CH_2 , dan 4 atom karbon CH_3 . Atom 1H dan ^{13}C yang berasosiasi ditentukan berdasarkan spektra kontur HMQC seperti pada Tabel 1. Korelasi kopling jarak jauh antara 1H - ^{13}C dalam kontur HMBC terdeteksi antara H_3 -17 ke C-15 dan C-16, serta sebaliknya H_3 -16 ke C-15 dan C-17, hal ini menunjukkan posisi kedua gugus metil yang berdekatan. Selanjutnya, gugus metil H_3 -20 memiliki kopling ke C-13 dan C-11. Semetara H_3 -20 memiliki kopling ke C-3 dan C-5. Hal ini menunjukkan posisi tiap gugus metil pada senyawa. Analisis HMBC dan COSY menemukan adanya korelasi siklik antara C-1 hingga C-14 (Gambar 2). Bentuk ini merupakan pola yang khas bagi senyawa cembranoid sarcophytolide. Gugus *sampling* dari cincin cembran terlihat pada kontur HMBC dan COSY yang menunjukkan ikatan C-11 dan C-12 membentuk gugus siklik epoksi serta gugus pentasiklik dari C-3



Gambar 2. Pola kopling HMBC (a) dan COSY (b) di struktur cembranoid isolat 3.



Gambar 3. Struktur isolat 1(a), 2(b), dan 3(c).

hingga C-7. Struktur dari senyawa ini seperti yang terlihat pada Gambar 3. Penelusuran struktur senyawa yang ditemukan ini terhadap database kimiawi *Chemspider*, menemukan bahwa senyawa sitotoksik ini adalah sarcophytolide.

Secara umum kondisi perairan di selatan Pulau Panggang Taman Nasional Kepulauan Seribu dapat tergolong pada perairan eutrofik⁽²⁾. Tingginya nutrifikasi ini mengakibatkan penurunan tingkat diversitas biota terumbu karang. Namun untuk biota yang tahan terhadap kondisi ini, seperti *Sarcophyton* sp., pertumbuhannya dapat mendominasi ruang bentik. Beberapa wilayah terumbu karang di *Great Barrier Reef* Australia juga didominasi oleh golongan biota karang lunak karena memiliki karakteristik perairan eutrofik⁽¹⁰⁾.

Banyaknya golongan cembranoid yang dihasilkan oleh karang lunak dapat menjelaskan kondisi ekologis dari biota ini terhadap lingkungannya. Senyawa bioaktif cembranoid secara umum dihasilkan oleh karang lunak untuk memenangkan ruang hidup dan juga antipredator bagi ikan karang^(11,12). Pada lingkungan yang memiliki kondisi stress tinggi diruang bentik, seperti adanya kompetitor karang keras maupun ikan predator karang lunak, maka karang lunak akan meningkatkan produksi senyawa cembranoid, dibandingkan dengan lipidnya⁽¹³⁾.

Oleh karena itu, walaupun kondisi kualitas airnya tidak mendukung kompetisi bentik yang tinggi, namun perairan Pulau Panggang masih memiliki struktur komunitas ikan karang yang tinggi. Komunitas ikan karang di wilayah ini memiliki indeks ekologi yang cukup baik dengan nilai keragaman (H') tinggi 2.6 dan indeks kemerataan (E) 0,75, serta indeks dominasi (D) yang rendah 0,13⁽¹⁴⁾. Hal ini menunjukkan bahwa stress predator ikan karang terhadap karang lunak dari wilayah ini tetap tinggi walaupun kondisi perairannya tidak mendukung. Oleh karena itulah, untuk dapat bertahan hidup, *Sarcophyton* di wilayah ini tetap memproduksi beberapa senyawa cembranoid untuk dapat bertahan hidup dari ikan predator.

SIMPULAN

Walaupun kondisi Perairan Selatan Pulau Panggang dapat tergolong pada perairan eutrofik, struktur komunitas ikan karangnya masih cukup baik. Oleh karena itu, untuk dapat bertahan hidup, *Sarcophyton* yang hidup secara mendominasi di wilayah ini memproduksi senyawa bioaktif sitotoksik cembranoid seperti Sarcophytoxide, Sarcophytol, dan Sarcophytolide, untuk dapat bertahan hidup dari ikan predator.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan. Ucapan terima kasih diperuntukan pada Petugas Taman Nasional Kepulauan Seribu, Satibi dan Sahiran, atas bantuannya dalam pengambilan sampel di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kelly SR, Jensen PR, Henkel TP, Fenical W, Pawlik JR. Effects of Caribbean sponge extracts on bacterial attachment. *Aquat Microb Ecol*. 2003.31:175-82.
- Januar HI, Hendarto B, Chasanah E, Wright AD. 2011. *Nephthea* sp.: Correlation between natural products production and pressure from local environmental stressors. *J Mar Sci Res Dev*. 2011.S8(001):1-6.
- Sammarco PW, Coll JC. Chemical adaptations in the Octocorallia: evolutionary considerations. *MarEcol Prog Ser*. 1992.88:93-104.
- Sotka E, Forbey J, Horn M, Poore A, Raubenheimer D. The emerging role of pharmacology in understanding consumer-prey interactions in marine and freshwater systems. *Integr Comp Biol*. 2009.49:291-313.
- Changyun W, Haiyan L, Changlun S, Yanan W, Liang L, Huashi G. Chemical defensive substances of soft corals and gorgonians. *Acta Ecologica Sinica*. 2008. 28(5):2320-28.
- Soedharma D, Kawaroe M, Haris A. Kajian Potensi Bioaktif Karang Lunak (Octocorallia: Alcyonacea) Di Perairan Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. 2005.12(2):121-8.
- Setyaningsih I, Nurhayati T, Nugraha dan Gunawan I. Comparative Evaluation of The Antibacterial Activity of Soft Corals Collected from The Waters of Panggang Island, Kepulauan Seribu. *Pharmacie Globale Int J Comprehensive Pharm*. 2012.6(03):1-3.
- Nurhayati T, Fikri M, dan Desniar. Aktivitas Inhibitor Protease dari Ekstrak Karang Lunak, Asal Perairan Pulau Panggang Kepulauan Seribu. *Ilmu Kelautan*. 2010.15(2):59-65.
- Meyer BN, Ferrigni NR., Putnam JE, Jacobson LB, Nichols DE, McLaughlin JL. Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Medica*. 1982.45:31-4.
- Koop K, Booth D, Broadbent A, Brodie J, Bucher D, Capode D, et al. ENCORE: The effect of nutrient enrichment on coral reefs. Synthesis of results and conclusions. *Mar Pollut Bull*. 2001.42:91-120.
- Pawlik JR. Marine invertebrate chemical defenses. *Chem Rev*. 1993.93:1911-22.
- Hoover CA, Slaterry M, Targett NM, Marsh AG. Transcriptome and metabolite responses to predation in a south pacific soft coral. *Biol Bull*. 2008.214: 319-28.
- Fleury B, Coll JC, Tentori E, Duquesne S, Figueiredo

L. Effect of nutrient enrichment on the complementary (secondary) metabolite composition of the soft coral *Sarcophyton ehrenbergi* (Cnidaria: Octocorallia: Alcyonacea) of the Great Barrier Reef. *Mar Biol.* 2000.136:63-8.

14. Estradivari, Syahrir M, Susilo N, Yusri S, Timotius S. Terumbu karang Jakarta - Laporan Pengamatan Jangka Panjang Terumbu karang kepulauan Seribu. Jakarta: Terangi – Yayasan Terumbu Karang Indonesia – The David and Lucile Packard Foundation; 2007.