



OSEANOLOGI DAN LIMNOLOGI DI INDONESIA

Print ISSN: 0125-9830 Online ISSN: 2477-328X

Nomor Akreditasi: 712/AU3/P2MI – LIPI/10/2015

<http://jurnal-oldi.or.id>



Potensi Makroalga di Paparan Terumbu Karang Perairan Teluk Lampung

The Potency of Macroalgae in the Reef Flat of Lampung Bay

Tri Handayani

Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI

Email: umuamel@gmail.com

Submitted 29 January 2016. Reviewed 6 February 2017. Accepted 8 April 2017.

Abstrak

Teluk Lampung merupakan daerah strategis yang berkembang cukup pesat. Kondisi ini akan memberikan tekanan terhadap ekosistem pesisir sebagai muara dari seluruh aktivitas daerah di sekitarnya. Makroalga yang merupakan salah satu komponen di ekosistem pesisir juga turut mendapat tekanan. Untuk itu, perlu diketahui kekayaan spesies, potensi, dan sifat hidup makroalga yang ada di perairan Teluk Lampung. Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2009, di delapan lokasi, yaitu Piabung, Klagian, Pancur, Limbungan, Puhawang Barat, Puhawang Timur, Puhawang Kecil, dan Kalangan. Sampel makroalga diperoleh dengan metode transek kuadrat. Parameter yang diamati adalah spesies, biomassa, substrat, dan sifat hidup makroalga. Sebanyak 27 spesies makroalga berhasil diidentifikasi yang terdiri dari tiga divisio dan 17 genus. Divisio Chlorophyta sebanyak sembilan spesies, Ochrophyta sebanyak sembilan spesies dan Rhodophyta sebanyak sembilan spesies. Sembilan belas spesies merupakan makroalga yang memiliki nilai ekonomis penting. Jumlah spesies makroalga tertinggi ditemukan di Pancur, sedangkan terendah di Kalangan. Genus yang mendominasi lokasi penelitian adalah *Halimeda* dan *Caulerpa*. Biomassa rata-rata tertinggi di Pancur 675,5 g/m², sedangkan di Kalangan tidak ditemukan makroalga. Substrat dasar didominasi oleh pasir. Kondisi substrat dasar berpengaruh terhadap jumlah spesies dan sifat hidup makroalga. Secara umum, sumber daya makroalga di perairan Teluk Lampung tidak berpotensi untuk dikembangkan, sedangkan *Sargassum* di Pancur memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bibit.

Kata kunci: makroalga, spesies, potensi, sifat hidup, Teluk Lampung.

Abstract

Lampung Bay is a strategic area that develops quite rapidly. This condition will put pressure on the coastal ecosystem as the estuary of all activities from surrounding areas. Macroalgae, which is one component of the coastal ecosystem, is also under pressure. Therefore, we need to know the species richness, potency, and macroalgae life characteristics in Lampung Bay waters. The study was conducted in March 2009, in eight locations, namely Piabung, Klagian, Pancur, Limbungan, Puhawang Barat, Puhawang Timur, Puhawang Kecil, and Kalangan. The macroalgae samples were collected by the quadratic transect method. The parameters observed were species, biomass, substrate, and macroalgae life form. A total of 27 macroalgae species were identified consisting of three divisions and 17 genera. Division Chlorophyta,

Ochrophyta, and Rhodophyta each consisted of nine species. Nineteen species were macroalgae that have important economic values. The highest number of macroalgae species was found in Pancur, while the lowest was in Kalangan. The genera that dominated the study sites were *Halimeda* and *Caulerpa*. The highest average biomass was found in Pancur with 675.5 g/m², whereas in Kalangan there was no macroalgae observed. The base substrate was dominated by sand. The condition of the base substrate affects the number of species and the nature of macroalgae life. In general, macroalgae resources in the waters of Lampung Bay are not potential to be developed, but *Sargassum* in Pancur has the potential to be developed as seeds.

Keywords: macroalgae, species, potency, nature of life, Lampung Bay.

Pendahuluan

Makroalga merupakan salah satu penyusun ekosistem di sepanjang paparan terumbu yang memiliki manfaat secara ekologis maupun ekonomis. Secara ekologis, makroalga merupakan produsen primer dalam rantai makanan, habitat bagi organisme laut kecil (krustasea, moluska, dan ekinodermata), dan sumber makanan bagi organisme laut (Williams dan Smith 2007; Prathep et al. 2011; Satheesh dan Wesley 2012). Secara ekonomis, makroalga memiliki manfaat, antara lain sebagai sumber alginat, karagenan, dan agar (Rasmussen dan Morrissey 2007; Holdt dan Kraan 2011; Rhein-Knudsen et al. 2015). Selain itu, makroalga merupakan sumber polisakarida bioaktif yang banyak dimanfaatkan di bidang farmasi sebagai antitumor (Ellouali et al. 1993; Zhuang et al. 1995; Miao et al. 1999; Maruyama et al. 2006), antikanker (Liu et al. 2005), antikoagulan (Chevolot et al. 1999), antibakteri (Sridharan dan Dhamotharan 2012; Thirunavukkarasu et al. 2014); antidiabetes (Unnikrishnan et al. 2014), dan antioksidan (Hu et al. 2001; Rocha et al. 2007; Zubia et al. 2007; Wang et al. 2008; Chia et al. 2015; Vijayraja dan Jeyaprakash 2015). Makroalga juga dimanfaatkan sebagai sumber pangan (Akhtar dan Sultana 2002; Ratana-Arporn dan Chirapart 2006).

Makroalga sangat potensial untuk dikembangkan, sehingga keberadaannya di alam harus terus dijaga. Keberadaan makroalga sangat dipengaruhi oleh kondisi perairan tempat hidupnya (Kutse et al. 2006; Kang et al. 2011; Norashikin et al. 2013). Setiap kondisi perairan yang berbeda memiliki jumlah spesies makroalga yang berbeda, sebagai contoh di perairan Raja Ampat (Papua) ditemukan 60 spesies makroalga (Handayani unpublished), di perairan Leti (Nusa Tenggara Timur) ditemukan 44 spesies (Handayani 2011), dan di Teluk Gilimanuk (Bali Barat) ditemukan 35 spesies (Handayani et al. 2007). Pengaruh aktivitas antropogenik yang

banyak akan berdampak terhadap keberadaan makroalga di perairan (Lugendo et al. 1999). Teluk Lampung merupakan perairan di Indonesia yang banyak dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik karena wilayah ini berdekatan dengan daerah industri.

Lampung merupakan daerah yang sangat strategis, terletak di Pulau Sumatra bagian selatan dan dipisahkan dari Pulau Jawa oleh Selat Sunda. Teluk Lampung merupakan perairan yang berpotensi, baik dalam bidang perikanan maupun pariwisatanya. Kegiatan budi daya perikanan dan pariwisata pantai di wilayah ini berkembang dengan baik. Selain itu, Lampung juga merupakan daerah industri yang mengalami kemajuan cukup pesat. Menurut Minuer et al. (2015) aktivitas antropogenik di sekitar pesisir memberikan dampak secara langsung terhadap penurunan tutupan makroalga dan secara tidak langsung berdampak terhadap penurunan keanekaragaman dan kepadatan makroalga. Kasus yang pernah terjadi yaitu aktivitas antropogenik selama kurun waktu 10 tahun di Sinai Utara (Mesir) telah menyebabkan penurunan keanekaragaman makroalga hingga 30 genus (Shaubaky 2013). Seiring dengan perkembangan wilayah Lampung, maka wilayah perairannya juga perlu mendapat perhatian untuk diteliti, salah satunya adalah makroalga.

Inventarisasi makroalga di perairan Teluk Lampung telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Kadi (2000) menemukan 33 spesies dari lima pulau, yaitu Tangkil, Tegal, Puhawang, Legundi, dan Sebuku. Tahun 2008 ditemukan 16 spesies dari tiga pulau, yaitu dari Pasaran, Kubur, dan Tangkil (Kadi 2010). Dalam kurun waktu tersebut, terjadi penurunan jumlah spesies makroalga sebanyak 15 spesies di Pulau Tangkil. Menurut Kadi (2010), penurunan jumlah spesies makroalga di Teluk Lampung disebabkan oleh perusakan paparan terumbu dan pencemaran dari limbah industri dan rumah tangga.

Seiring dengan perkembangan waktu dan sektor industri seperti industri batu bara, pembangkit tenaga listrik, dan pelabuhan niaga di perairan Teluk Lampung, dikhawatirkan akan terjadi penurunan jumlah spesies makroalga yang lebih banyak lagi, terutama spesies yang berpotensi untuk dikembangkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekayaan spesies, potensi, dan sifat hidup makroalga di perairan Teluk Lampung. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan dalam rencana pengembangan dan pengelolaan perairan di Teluk Lampung.

Metodologi

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2009 di delapan lokasi, yaitu Piabung (St 1), Klagia (St 2), Pancur (St 3), Limbungan (St 4), Puhawang Barat (St 5), Puhawang Timur (St 6), Puhawang Kecil (St 7), dan Kalangan (St 8) (Gambar 1).

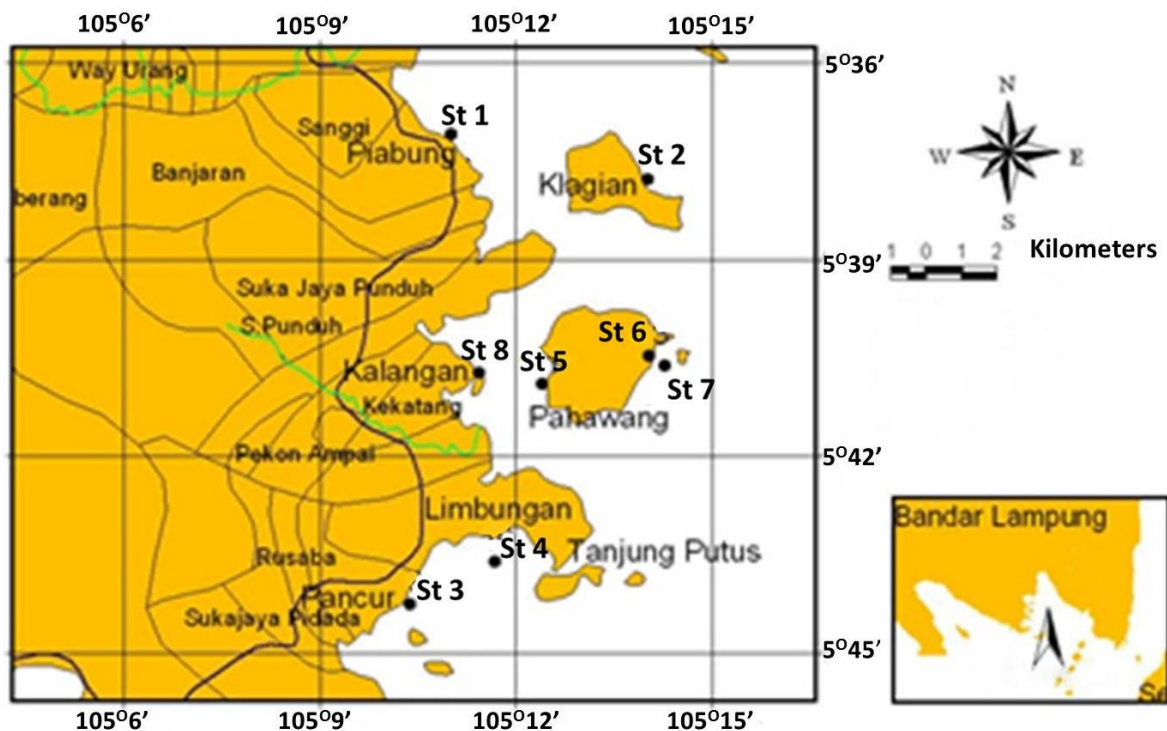
Pengumpulan Sampel

Sampel makroalga diambil menggunakan metode transek kuadrat sepanjang 180–220 m, yaitu dengan menarik tambang tegak lurus garis pantai ke arah tubir mengikuti panjang paparan

terumbu di setiap lokasi pengamatan. Penelitian dilakukan dengan 3 kali transek di setiap lokasi. Bingkai besi (transek) berukuran 1 m² diletakkan di setiap jarak 10 m, sehingga jumlah bingkai untuk setiap transek adalah 20 buah. Makroalga yang berada di dalam transek diambil untuk ditimbang, diidentifikasi spesiesnya, dan diukur luas area yang ditutupinya. Setelah pengambilan makroalga di dalam transek tersebut selesai, maka transek dipindahkan ke 10 m berikutnya dan seterusnya sampai selesai satu transek, yaitu hingga mencapai tubir paparan terumbu (Rigby et al. 2007; Dhargalkar dan Kavlekar 2004). Selain metode transek, koleksi bebas juga dilakukan untuk menginventarisasi makroalga yang tumbuh di lokasi penelitian, tetapi tidak ditemukan di dalam transek. Pengamatan habitat (substrat) dilakukan secara visual di dalam transek, yang meliputi jenis dan luas substrat.

Identifikasi dan Pengawetan Sampel

Koleksi makroalga diidentifikasi menurut Misra (1966), Magruder dan Hunt (1979), Cordero (1981), Cribb (1983), Wei dan Chin (1983), Trono dan Ganzonfortes (1988), Lewmanomont dan Ogawa (1995), Atmadja et al. (1996). Nomenklatur dicocokkan dengan Guiry dan Guiry (2012).



Gambar 1. Lokasi penelitian di Teluk Lampung, Maret 2009.
Figure 1. Study site in Lampung Bay, March 2009.

Untuk keperluan koleksi, sampel makroalga diawetkan dalam bentuk herbarium. Pembuatan herbarium dilakukan dengan cara pengepresan pada kertas khusus herbarium selama satu hari. Herbarium disimpan dalam Koleksi Rujukan (*Reference Collection*) Pusat Penelitian Oseanografi LIPI di Jakarta.

Penentuan Biomassa, Luas Tutupan Makroalga, dan Substrat

Biomassa diketahui dengan cara menimbang sampel makroalga yang masih segar (biomassa basah) dengan menggunakan timbangan digital kapasitas 2.000 g dengan ketelitian 0,1 g. Makroalga disortir berdasarkan spesies untuk diidentifikasi. Pengelompokan sifat hidup (*life form*) makroalga dilakukan berdasarkan referensi Copejans et al. (1992) dan Zakaria et al. (2006). Penghitungan biomassa, tutupan makroalga, dan persentase substrat dilakukan berdasarkan Dhargalkar dan Kavlekar (2004) yang dimodifikasi, yaitu sebagai berikut:

$$B = \frac{TW}{A}$$

Keterangan:

B = Biomassa (g/m²)

TW = Biomassa genus i dalam kuadrat (g)

A = Luas total kuadrat (m²)

$$C = \frac{a}{A} \times 100$$

Keterangan:

C = Tutupan (*cover*, %)

a = Area total tutupan makroalga (m²).

Nilai a diperoleh dari penjumlahan seluruh luas area yang ditutupi oleh makroalga di setiap transek

A = Luas total kuadrat (m²)

$$S = \frac{s}{A} \times 100$$

Keterangan:

S = Substrat (%)

s = Luas tipe substrat (m²)

A = Luas total kuadrat (m²)

Analisis Data

Analisis regresi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara jumlah tipe substrat dalam satu lokasi terhadap jumlah spesies makroalga yang ditemukan.

Hasil

Jumlah dan Sebaran Spesies Makroalga

Sebanyak 27 spesies makroalga berhasil diidentifikasi dari Teluk Lampung (Tabel 1). Spesies tersebut termasuk dalam tiga divisio, yaitu Chlorophyta, Ochrophyta, dan Rhodophyta. Divisio Chlorophyta terdiri dari empat genus dan sembilan spesies, divisio Ochrophyta terdiri dari enam genus dan sembilan spesies, sedangkan divisio Rhodophyta terdiri dari tujuh genus dan sembilan spesies. Makroalga yang dominan adalah genus *Halimeda* dan *Caulerpa*. Kedua genus ini ditemukan di hampir semua lokasi dan memiliki jumlah spesies terbanyak, yaitu tiga sampai empat spesies. Sebaliknya, makroalga yang ditemukan dalam jumlah sedikit atau jarang adalah genus *Corallina* yang hanya ditemukan di Puhawang Barat dan *Polyshiponia* yang hanya ditemukan di Puhawang Kecil. Setiap lokasi memiliki jumlah spesies yang berbeda-beda (Gambar 2).

Makroalga dari ketiga divisio (Chlorophyta, Ochrophyta, dan Rhodophyta) ditemukan di setiap lokasi penelitian, kecuali di pantai Puhawang Timur. Di sini hanya ditemukan divisio Chlorophyta dan Rhodophyta, sedangkan di pantai Kalangan tidak ditemukan makroalga. Berdasarkan lokasi penelitian, daerah yang memiliki jumlah spesies tertinggi yaitu Pancur, tempat ditemukan 17 spesies. Urutan selanjutnya adalah Piabung, Limbungan, Puhawang Kecil, Klagian, Puhawang Barat, Puhawang Timur, dan Kalangan.

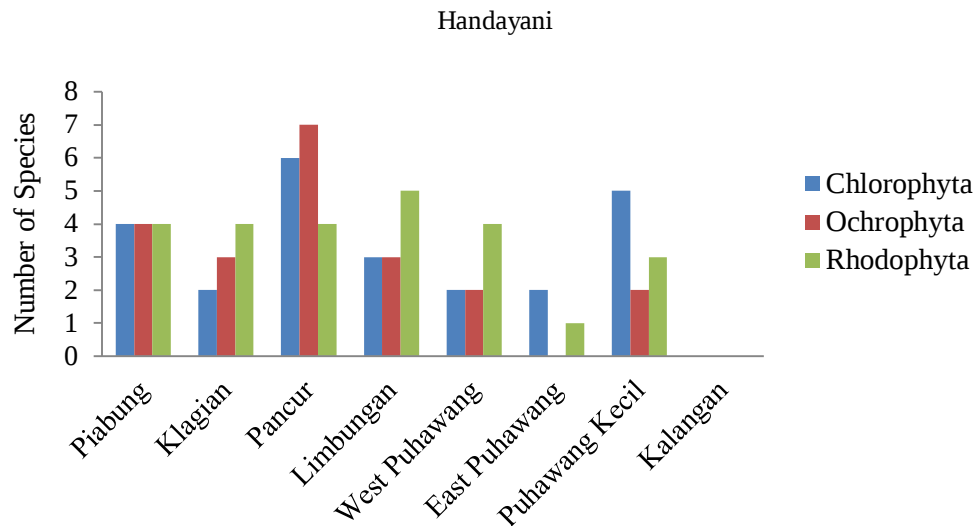
Terdapat lima tipe sifat hidup (*life form*) makroalga yang ditemukan, yaitu (1) rhizopititik, merupakan makroalga yang terbenam atau tumbuh dalam substrat lumpur dan pasir, (2) epilitik, merupakan makroalga yang hidup menempel di batuan, pecahan karang, dan karang mati, (3) epipititik, merupakan makroalga yang hidup menempel di lamun dan makroalga lain, (4) epizoik, merupakan makroalga yang hidup menempel di cangkang moluska atau tabung polikaeta, dan (5) *drift*, merupakan makroalga yang hidup melayang-layang (Tabel 1). Satu spesies makroalga dapat memiliki lebih dari satu tipe sifat hidup, misalnya *Dictyota dichotoma* yang memiliki empat tipe sifat hidup, yaitu epipititik, epilitik, rhizopititik, dan epizoik.

Persentase tipe sifat hidup merupakan perbandingan (rasio) kehadiran suatu tipe sifat hidup terhadap kehadiran keseluruhan tipe sifat hidup.

Tabel 1. Spesies dan sifat hidup makroalga di Teluk Lampung, Maret 2009.
Table 1. Species and life forms of macroalgae in Lampung Bay, March 2009.

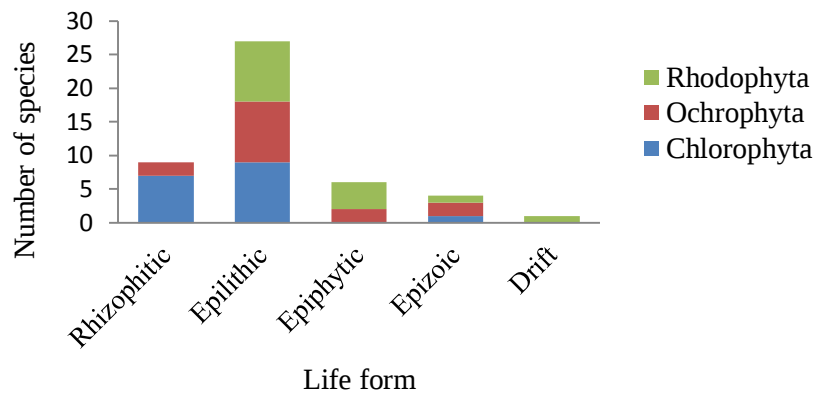
No	Species	Location and Substrate								Life form
		St 1	St 2	St 3	St 4	St 5	St 6	St 7	St 8	
	Chlorophyta									
1	<i>Halimeda opuntia</i>	a,b,c	b,d,f	a,c,e	b,c	b,c,g	-	b,e	-	Rhizophitic, epilithic
2	<i>Halimeda macroloba</i>	-	-	-	b,c	b,c	-	-	-	Rhizophitic, epilithic
3	<i>Halimeda cunneata</i>	-	-	-	-	-	-	b,e	-	Rhizophitic, epilithic
4	<i>Caulerpa serrulata</i>	b,c	-	b,c	b,c	-	-	b	-	Rhizophitic, epilithic
5	<i>Caulerpa lentilifera</i>	-	-	b,c	-	-	-	-	-	Rhizophitic, epilithic
6	<i>Caulerpa racemosa</i>	b,c	b	b,c,h	-	-	b,c	c,h	-	Rhizophitic, epilithic, epizoic
7	<i>Caulerpa sertularioides</i>	b,c	-	b,c	-	-	-	-	-	Rhizophitic, epilithic
8	<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>	-	-	e	-	-	-	e	-	Epilithic
9	<i>Neomeris annulata</i>	-	-	-	-	-	b,f	-	-	Epilithic
	Ochrophyta									
10	<i>Sargassum polycystum</i>	b,c,h	-	c,e	-	-	-	-	-	Epilithic, epizoic
11	<i>Sargassum aquifolium</i>	b,c	b	b,c,e	b,c	-	-	-	-	Epilithic
12	<i>Turbinaria conoides</i>	-	-	b,c,e	-	-	-	-	-	Epilithic
13	<i>Turbinaria ornata</i>	-	b	e	b,c	-	-	-	-	Epilithic
14	<i>Padina australis</i>	a,b,c	-	b,c,f	b,c,i	-	-	b,i	-	Epilithic, epiphytic, rhizophitic
15	<i>Dictyota dichotoma</i>	b,h,i	f,h,i	-	-	-	-	b	-	Epilithic, epiphytic, epizoic
16	<i>Hormophysa cuneiformis</i>	-	-	e	-	-	-	-	-	Epilithic
17	<i>Labophora variegata</i>	-	-	b,c,e	-	b,c	-	-	-	Rhizophitic, Epilithic
18	<i>Padina japonica</i>	-	-	-	-	g	-	-	-	Epilithic
	Rhodophyta									
19	<i>Hydropuntia edulis</i>	b	d,f	c,e	b,i	-	-	-	-	Epilithic, epiphytic
20	<i>Gracilaria salicornia</i>	i	f	-	-	-	-	f	-	Epilithic, epiphytic
21	<i>Gracilaria arcuata</i>	a,b	-	e	-	-	-	-	-	Epilithic, drift
22	<i>Hypnea nidulans</i>	-	b	b	b	g	-	-	-	Epilithic
23	<i>Hypnea musciformis</i>	i	i	-	i	g	-	-	-	Epilithic, epiphytic
24	<i>Amphiroa fragilissima</i>	-	-	b	b,i	b,h	-	-	-	Epilithic, epizoic, epiphytic
25	<i>Laurencia obtusa</i>	-	-	-	b	-	b	e	-	Epilithic
26	<i>Polysiphonia</i> sp.	-	-	-	-	g	-	-	-	Epilithic
27	<i>Corallina</i> sp.	-	-	-	-	-	-	E	-	Epilithic
	Number of species	12	9	17	11	8	3	10	0	

Remarks: - means not found. a: mud, b: sand, c: sandy mud, d: dead coral, e: coral, f: rubble, g: rock, h: other biota (fauna), i: other biota (flora)
St 1: Piabung, St 2: Klagian, St 3: Pancur, St 4: Limbungan, St 5: West Puhawang, St 6: East Puhawang, St 7: Puhawang Kecil, St 8: Kalangan.



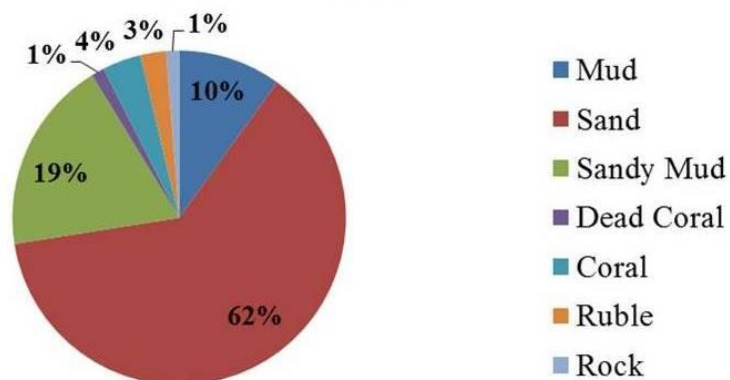
Gambar 2. Jumlah spesies masing-masing divisio makroalga di semua stasiun pengamatan di Teluk Lampung, Maret 2009.

Figure 2. The number of macroalgae species from each division at stations in Lampung Bay, March 2009.



Gambar 3. Jumlah spesies masing-masing divisio berdasarkan sifat hidupnya.

Figure 3. The number of species for each division based on their life forms.



Gambar 4. Persentase komposisi substrat dasar di Teluk Lampung, Maret 2009.

Figure 4. Percentage of substrate composition in Lampung Bay, March 2009.

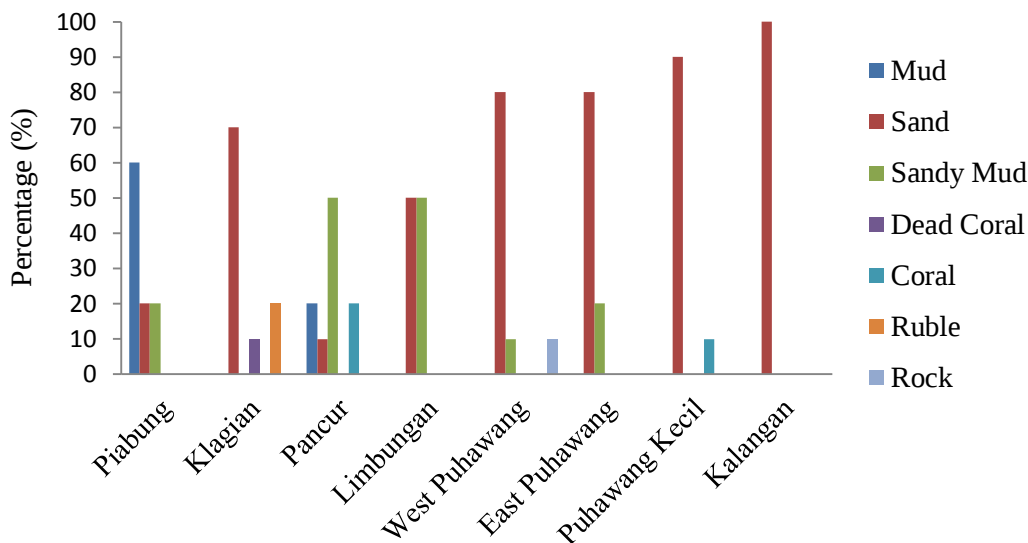
Secara umum, epilitik merupakan tipe sifat hidup yang dominan (57,45%). Hampir semua makroalga yang ditemukan memiliki satu atau dua

tipe sifat hidup. Tipe rhizophitik merupakan tipe sifat hidup urutan kedua yang ditemukan (19,15%), sedangkan tipe sifat hidup yang jarang

ditemukan adalah epizoik (8,21%) dan *drift* (2,13%) (Gambar 3).

Setiap makroalga memiliki kemampuan tumbuh yang spesifik dengan tempat tumbuh yang bervariasi mulai dari pantai sampai tubir. Substrat yang ditemukan meliputi lumpur, pasir, pasir lumpuran, pecahan karang, karang mati, dan karang hidup (Gambar 4). Sebagian besar substrat yang ditemukan adalah pasir dan pasir lumpuran. Selain keragaman substrat, kerusakan substrat juga memengaruhi keanekaragaman spesies makroalga.

Substrat pasir dapat menjadi indikasi kerusakan paparan terumbu. Pantai Kalangan memiliki substrat pasir hampir 100%, sedangkan Pantai Puhawang Barat dan Timur, serta Puhawang Kecil memiliki substrat pasir sebanyak 80–90% (Gambar 5). Pancur memiliki substrat bervariasi (Gambar 5). Berdasarkan hasil penelitian, masing-masing spesies makroalga mampu tumbuh di substrat yang berbeda-beda (Tabel 2).



Gambar 5. Komposisi substrat dasar di lokasi penelitian, Maret 2009.

Figure 5. Substrate composition in research locations, March 2009.

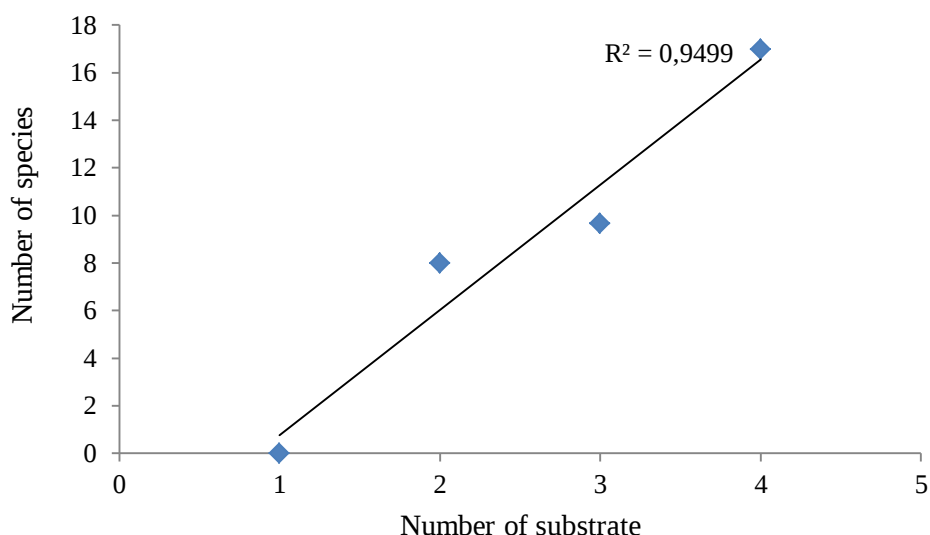
Tabel 2. Frekuensi penemuan genus makroalga pada masing-masing jenis substrat di Teluk Lampung.

Table 2. Frequency of macroalgae genera found on each type of substrate in Lampung Bay.

Macroalgae	Substrate						
	Mud	Sand	Sandy Mud	Dead Coral	Coral	Rubble	Rock
<i>Halimeda</i>	***	****	****	**	*	*	**
<i>Caulerpa</i>	-	***	***	-	-	-	-
<i>Padina</i>	**	***	**	-	-	*	**
<i>Dictyota</i>	-	**	**	-	-	*	-
<i>Sargassum</i>	-	*	*	-	**	-	-
<i>Turbinaria</i>	-	*	**	-	***	-	-
<i>Labophora</i>	-	*	*	-	**	-	-
<i>Hypnea</i>	-	*	*	-	-	-	***
<i>Amphiroa</i>	-	***	-	-	-	-	-
<i>Acanthophora</i>	-	*	-	-	-	*	-
<i>Gracilaria</i>	-	***	-	-	-	*	-

Remarks: - = not found
 * = rare
 ** = occasional

*** = frequent
 **** = abundant



Gambar 6. Hubungan antara jumlah spesies makroalga dan jumlah jenis substrat di Teluk Lampung, Maret 2009.

Figure 6. Correlation between the number of macroalgae species and the number of substrate types in Lampung Bay, March 2009.

Kemampuan makroalga untuk tumbuh di substrat tertentu berbeda-beda satu sama lain. Daerah tepi pantai didominasi oleh substrat lumpur, pasir, dan pasir lumpuran. Di substrat tersebut banyak dijumpai makroalga dari genus *Halimeda*, *Caulerpa*, *Amphiroa* dan *Gracilaria*. Sebaliknya, di daerah yang bersubstrat keras banyak dijumpai makroalga dari genus *Sargassum*, *Turbinaria*, dan *Hypnea*. Variasi substrat memengaruhi jumlah spesies makroalga yang ditemukan (Gambar 6). Di lokasi dengan kondisi substrat yang bervariasi ditemukan jumlah spesies makroalga lebih tinggi.

Biomassa dan Spesies Makroalga Bernilai Ekonomis

Biomassa rata-rata makroalga tertinggi adalah di daerah Pancur ($675,5 \text{ g/m}^2$) dan Limbungan ($618,5 \text{ g/m}^2$), sedangkan daerah yang memiliki biomassa terendah adalah di pantai Puhawang Timur dan pantai Kalangan. Berdasarkan jenisnya, *Halimeda* memiliki biomassa rata-rata terbesar (Tabel 3). Daerah Piabung, Klagiam, Pancur, dan Limbungan memiliki biomassa dengan kategori sedang. Puhawang Barat, Puhawang Timur, Puhawang Kecil, dan Kalangan memiliki biomassa dengan kategori jarang.

Tabel 3. Biomassa rata-rata masing-masing genus makroalga (g/m^2) di Teluk Lampung.

Table 3. Average biomass of each genus of macroalga (g/m^2) in Lampung Bay.

No	Genus	Location							
		St 1	St 2	St 3	St 4	St 5	St 6	St 7	St 8
1	<i>Halimeda</i>	342,5	572,5	585	582,5	232,5	0	227,5	0
2	<i>Padina</i>	12,5	0	5	0	2,5	0	1	0
3	<i>Dictyota</i>	2,5	0	0	0	0	0	2,5	0
4	<i>Caulerpa</i>	2,5	0	10	0	0	0	1	0
5	<i>Hypnea</i>	0	2,5	0	1	0	0	0	0
6	<i>Gracilaria</i>	0	2,5	0	0	0	0	3,5	0
7	<i>Sargassum</i>	0	0	57,5	35	0	0	0	0
8	<i>Turbinaria</i>	0	0	95	0	0	0	0	0
9	<i>Labophora</i>	0	0	3	0	0	0	0	0
Total of Biomass		360	577,5	675,5	618,5	235	0	235,5	0

Remarks: St 1: Piabung, St 2: Klagian, St 3: Pancur, St 4: Limbungan, St 5: West Puhawang, St 6: East Puhawang, St 7: Puhawang Kecil, St 8: Kalangan

Makroalga merupakan salah satu komoditas hasil laut yang bernilai ekonomis. Di lokasi penelitian ditemukan sebanyak delapan genus dan 19 spesies yang termasuk dalam kelompok makroalga berpotensi ekonomis, yaitu genus *Halimeda*, *Caulerpa*, *Sargassum*, *Turbinaria*, *Padina*, *Gracilaria*, *Hydropuntia*, dan *Hypnea*. Berdasarkan jumlah spesies makroalga ekonomis yang ditemukan, daerah Pancur dan Piabung merupakan daerah yang paling potensial memiliki sumber daya makroalga yang bernilai ekonomis dibandingkan dengan daerah lain. Di daerah Pancur tercatat 14 spesies makroalga ekonomis dari 18 spesies makroalga yang ditemukan, sedangkan di daerah Piabung tercatat 11 spesies makroalga ekonomis dari 12 spesies makroalga yang ditemukan.

Pembahasan

Jumlah dan Sebaran Spesies Makroalga

Jumlah spesies makroalga yang ditemukan dalam penelitian ini lebih sedikit dibandingkan dengan tahun 2000, yaitu 33 spesies yang dilaporkan oleh Kadi (2000). Namun, lebih banyak dibandingkan dengan hasil inventarisasi tahun 2008, yaitu 16 spesies (Kadi 2010). Perbedaan jumlah spesies makroalga yang ditemukan di perairan Teluk Lampung ini dimungkinkan oleh beberapa hal, antara lain lokasi penelitian tidak di posisi yang sama dan pengaruh musim. Lokasi pengambilan sampel yang berbeda menyebabkan jumlah dan spesies makroalga yang ditemukan berbeda. Selain itu, makroalga ini termasuk tumbuhan yang bersifat musiman (Kang et al. 2011). Pada musim pertumbuhan makroalga akan ditemukan dalam jumlah berlimpah, sedangkan pada musim yang bukan merupakan musim pertumbuhan makroalga hanya ditemukan dalam jumlah sedikit atau bahkan tidak ditemukan sama sekali. Jumlah spesies makroalga yang ditemukan di Pulau Puhawang tidak mengalami penurunan pada tahun 2000 dan 2009, yaitu sebanyak 18 spesies, tetapi spesies makroalga yang ditemukan berbeda.

Perubahan substrat yang disebabkan oleh erosi ataupun sedimentasi menyebabkan perubahan jumlah dan komposisi spesies makroalga. Pantai Kalangan merupakan daerah yang telah mengalami sedimentasi (bersubstrat pasir), sehingga tidak ditemukan makroalga. Teluk Lampung telah mengalami erosi dan sedimentasi sejak tahun 2000 yang menyebabkan penurunan jumlah spesies makroalga di daerah tersebut (Kadi 2000).

Jumlah spesies makroalga di Teluk Lampung (27 spesies) lebih rendah dibandingkan dengan di Kepulauan Leti dengan 44 spesies (Handayani 2011) dan Raja Ampat (60 spesies) (Handayani unpublished). Kedua lokasi tersebut merupakan daerah yang lebih alami dibandingkan dengan Teluk Lampung. Teluk Lampung merupakan wilayah yang berkembang cukup pesat, sehingga aktivitas antropogenik di sekitar wilayah tersebut diduga berpengaruh secara tidak langsung terhadap jumlah spesies makroalga. Kondisi ini sesuai dengan pernyataan Minuer et al. (2015) bahwa aktivitas antropogenik di sekitar pesisir memberikan dampak secara tidak langsung terhadap penurunan keanekaragaman makroalga.

Tinggi rendahnya jumlah spesies makroalga yang ditemukan sangat dipengaruhi oleh heterogenitas substrat yang ada. Daerah Piabung dan Pancur yang memiliki heterogenitas substrat yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi yang lain, memiliki jumlah spesies makroalga yang lebih tinggi juga, sedangkan di Kalangan tidak ditemukan makroalga. Kemampuan makroalga yang rendah untuk tumbuh beradaptasi dengan baik di substrat pasir dan sifat makroalga yang musiman menyebabkan makroalga tidak ditemukan di lokasi ini. Arthur (1972) dan Norashikin et al. (2013) menyatakan bahwa sebaran dan kompleksitas substrat atau habitat berpengaruh terhadap kelimpahan dan jumlah spesies. Substrat juga berpengaruh terhadap jumlah spesies makroalga di perairan intertidal (Imchen 2015).

Dalam penelitian ini *Corallina* dan *Polysiphonia* ditemukan dalam jumlah sedikit. Kedua genus ini hanya ditemukan di substrat batuan, karang mati, dan karang hidup yang memiliki proporsi 6% dari substrat yang ada (Gambar 3). Menurut Nelson dan Maggs (1996), *Polysiphonia* tumbuh di substrat keras. *Corallina* tumbuh menempel di batuan, karang hidup, dan karang mati (Williamson et al. 2014). Proporsi substrat keras yang relatif kecil (6%) diduga menyebabkan jumlah genus *Corallina* dan *Polysiphonia* yang ditemukan sedikit. Persentase kehadiran makroalga yang bersifat epilitik yang tinggi menggambarkan bahwa topografi dasar (substrat dasar) berupa substrat keras seperti karang hidup, karang mati, pecahan karang, dan batuan banyak dijumpai. Copejans et al. (1992) menyatakan bahwa makroalga yang bersifat epilitik umumnya menempel di substrat keras seperti karang hidup, karang mati, pecahan karang, dan batuan. Keberadaan tipe epilitik dan epizoik ini menunjukkan bahwa makroalga tidak hanya menempel di substrat dasar perairan saja, tetapi juga menempel di biota laut yang lain. Menurut

Zakaria et al. (2006), makroalga tidak hanya dapat ditemukan di substrat yang bersifat kompak (karang hidup, karang mati, dan batuan), tetapi juga menempel di tumbuhan laut dan biota laut yang lain.

Masing-masing spesies makroalga mampu tumbuh di substrat yang berbeda. Menurut Kadi (2000), pertumbuhan dan kelangsungan hidup makroalga dipengaruhi oleh kestabilan, kekerasan, profil permukaan, dan porositas substrat. Substrat yang relatif keras pada umumnya akan ditumbuhi genus *Sargassum*, *Turbinaria*, dan *Hormophysa*, sedangkan di substrat dengan permukaan halus dan lunak biasanya tumbuh genus *Halimeda*, *Gracilaria*, dan *Caulerpa*. Di paparan terumbu karang yang memiliki struktur substrat yang stabil (substrat yang tidak mudah tergerus oleh air pasang surut), jumlah spesies makroalga lebih banyak dibandingkan substrat yang masih labil (substrat yang mudah tergerus oleh air pasang surut) (Kadi 2000). Pernyataan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan di Kepulauan Leti, yaitu di Pulau Lakor yang memiliki 4 jenis substrat (pasir, pasir-batuan masif, karang mati, dan batuan masif) dan 35 spesies makroalga, sedangkan di Pulau Leti yang tersusun oleh substrat pasir saja hanya ditemukan 19 spesies makroalga (Handayani 2011).

Tepi pantai merupakan daerah dengan pasang surut air yang cukup besar, sehingga hanya makroalga yang tahan terhadap kekeringan saja yang mampu bertahan. Menurut Atmadja dan Subagja (1995), pertumbuhan lamun yang mendominasi daerah tepi pantai merupakan habitat yang mendukung pertumbuhan makroalga tertentu, antara lain *Halimeda*, *Caulerpa*, *Amphiroa*, dan *Gracilaria*. Komunitas lamun di substrat pasir dan lumpur ternyata dapat menghambat gerakan ombak dan sebagai pelindung bagi pertumbuhan makroalga tersebut.

Di daerah yang bersubstrat keras seperti karang, hanya spesies makroalga yang tahan ombak saja yang dapat tumbuh dengan baik, yaitu *Sargassum*, *Turbinaria*, dan *Hypnea*. Spesies makroalga tersebut biasanya memiliki *holdfast* yang sangat kuat menempel di substrat karang atau batu (Atmadja et al. 1996). Walaupun terpaan ombak cukup keras, makroalga tersebut masih tetap menempel di substratnya. *Gracilaria*, *Sargassum*, *Turbinaria*, dan *Hypnea* merupakan genus makroalga yang memiliki adaptasi yang baik terhadap substrat keras seperti karang atau batu masif (Imchen 2015).

Biomassa dan Spesies Makroalga Bernilai Ekonomis

Biomassa dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu jarang (kurang dari 250 g/m²), sedang (250–2000 g/m²), dan padat (lebih dari 2.000 g/m²) (Morris et al. 2000). Berdasarkan biomasnya, perairan Teluk Lampung memiliki biomassa dengan kategori jarang hingga sedang. Daerah Piabung, Klagiam, Pancur, dan Limbungan memiliki biomassa dengan kategori sedang. Puhawang Barat, Puhawang Timur, Puhawang Kecil, dan Kalangan memiliki biomassa dengan kategori jarang.

Biomassa *Halimeda* yang tinggi dipengaruhi oleh substratnya. Lokasi pengamatan di perairan Teluk Lampung lebih didominasi oleh substrat pasir, pasir-lumpur, dan lumpur yang merupakan substrat yang paling sering ditumbuhi makroalga genus *Halimeda*. Menurut Multer (1988) dan Kadi (2000), *Halimeda* adaptif terhadap substrat dengan permukaan halus dan lunak. Selain itu, makroalga ini menunjukkan toleransi yang tinggi terhadap kekeringan (pasang surut).

Berdasarkan nilai biomasnya, makroalga yang ditemukan di perairan Teluk Lampung tidak memiliki potensi untuk dikembangkan, terutama sebagai bibit. Walaupun demikian, *Sargassum* yang ditemukan di Pancur memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bibit. Pengembangan sumber daya *Sargassum* ini didukung oleh nilai biomassa yang tinggi, yaitu 57,5 g/m² atau 575 kg/ha. Budi daya *Sargassum* membutuhkan bibit sebanyak 25 g (Putri et al. 2014), sehingga Pancur dapat menghasilkan bibit *Sargassum* sebanyak 23.000/ha.

Kesimpulan

Sebanyak 27 spesies makroalga berhasil diinventarisasi, 19 spesies di antaranya merupakan makroalga berpotensi ekonomis penting. Kondisi substrat dasar memengaruhi jumlah spesies dan sifat hidup makroalga. Substrat dasar yang didominasi oleh pasir memberi dampak terhadap makroalga. Genus makroalga yang tumbuh, yaitu *Halimeda* dan *Caulerpa* memiliki adaptasi yang besar terhadap substrat pasir. Sumber daya makroalga di perairan Teluk Lampung secara umum tidak berpotensi untuk dikembangkan, namun demikian *Sargassum* yang ditemukan di Pancur memiliki peluang untuk dikembangkan sebagai bibit.

Persantunan

Penelitian ini dibiayai oleh proyek DIPA Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia di bawah koordinasi Prof. Drs. Pramudji, M.Sc. Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh anggota tim atas kerja sama dalam penelitian di perairan Teluk Lampung ini.

Daftar Pustaka

- Akhtar, P., dan V. Sultana. 2002. Biochemical studies of some seaweed species from Karachi coast. *Rec. Zool. Surv. Pakistan* 14:1–4.
- Arthur, M. R. H. 1972. *Geographycal, Ecology, Pattern in the Distribution of Species*. Haper dan Row, Publ. New York.
- Atmadja, W. S., A. Kadi, Sulistijo, dan Rachmaniar. 1996. Pengenalan jenis-jenis rumput laut di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI, Jakarta.
- Atmadja, W. S., dan W. Subagja. 1995. Potensi Rumput Laut di Perairan Pantai Gili Air, Gili Meno dan Gili Trawangan Lombok NTB. Hlm. 31–41 *dalam* D. P. Praseno, W. S. Atmadja, I. Soepangat, Ruyitno, dan B. S. Soedibjo (eds.). *Pengembangan dan Pemanfaatan Potensi Kelautan: Potensi Biologi, Teknik Budidaya, dan Kualitas Perairan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI, Jakarta.
- Chevolot, L., A. Foucault, F. Chaubet, N. Kervarec, C. Sinquin, A. M. Fisher, dan C. Boisson-Vidal. 1999. Further data on the structure of brown seaweed fucans: relationships with anticoagulant activity. *Carbohydr Res* 319:154–165.
- Chia, Y. Y., M. S. Kanthimathi, K. S. Khoo, J. Rajarajeswara, H. M. Cheng, dan W. S. Yap. 2015. Antioxidant and cytotoxic activities of three species of tropical seaweeds. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 15:1–14.
- Copejans, E., H. Beeckman, dan M. de Wit. 1992. The Seagrass and Associated Macroalgal vegetation of Gazi Bay (Kenya). Hlm. 59–75 *dalam* Jaccarini, V., dan E. M. Kluwer (Eds.). *The Ecology of Mangrove and the Related of Ecosystems*. Springer. Belgium.
- Cordero, J. R. 1981. Studies on Philippine marine red algae. *Smithsonian Inst. Univ. Stat. Nat. Museum*. IV.
- Cribb, A. B. 1983. Marine algae of the southern great barrier reef-Rhodophyta. Watson Ferguson dan Co. Brisbane.
- Dhargalkar, V. K., dan D. Kavlekar. 2004. *Seaweeds – a Field Manual*. National Institute of Oceanography, Dona Paula, Goa.
- Ellouali, M., C. Boissonvidal, P. Durand, dan J. Jozefonvicz. 1993. Antitumor-activity of low-molecular-weight fucans extracted from brown seaweed *Ascophyllum nodosum*. *Anticancer Res* 13:2011–2019.
- Guiry, M. D., dan G. M. Guiry. 2012. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway (taxonomic information republished from AlgaeBase with permission of MD Guiry). Accessed through World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org>
- Handayani, T., S. Widjaya, dan H. Sugiarto. 2007. Keanekaragaman algae di Teluk Gilimanuk, Taman Nasional Bali Barat. Hlm. 102–111 *dalam* Aziz, A., Ruyitno, A. Syahailatua, M. Muchtar, Pramudji, Sulistijo, dan T. Susana (Eds.). *Status Sumberdaya Laut Teluk Gilimanuk, Taman Nasional Bali Barat*. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta.
- Handayani, T. 2011. Makroalgae di paparan terumbu karang Kepulauan Leti, Maluku Tenggara. Hlm. 63–73 *dalam* Ruyitno, M. Muchtar, Pramudji dan Fahmi (Eds.). *Ekspedisi Widya Nusantara (E-WIN)* 2010. *Penelitian Biodiversitas dan Kondisi Oseanografi di Kawasan Perairan Pesisir Kepulauan Leti, Maluku*. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta. p. 63–73.
- Holdt, S. L., dan S. Kraan. 2011. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *J. Appl. Phycol* 23:543–597.
- Hu, J. F, M. Y. Geng, J. T. Zhang, dan H. D. Jiang. 2001. An in vitro study of the structure–activity relationships of sulfated polysaccharide from brown algae to its antioxidant effect. *J. Asian Nat Prod Res* 3:353–358.
- Imchen, T. 2015. Substrate deposit effect on the characteristic of an intertidal macroalgal community. *Indian Journal of Geo-Marine Science* 44(3):1–6.
- Kadi, A. 2000. Makro Makroalga Di Paparan Terumbu Karang Perairan Teluk Lampung. Hlm. 27–37 *dalam* Ruyitno dkk (eds). *Aspek Oseanografi bagi Peruntukan Lahan di Wilayah Pantai Teluk Lampung*. Pusat

- Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI, Jakarta.
- Kadi, A. 2010. Karakteristik komunitas rumput laut beserta interaksi antarjenis perairan Teluk Lampung. Hlm. 51-10 *dalam* Ruyitno dkk (eds). Status Sumberdaya Laut di Perairan Teluk Lampung. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta.
- Kang, J. C., H. G. Choi, dan M. S. Kim. 2011. Macroalgal species composition and seasonal variation in biomass on Udo, Jeju Island, Korea. *Algae* 26(4):333–342.
- Kutse, T., E. Vahtmae, dan L. Metsamaa. 2006. Spectral library of macroalgae and benthic substrates in Estonian coastal waters. *Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol* 55(4):329–340.
- Lewmanomont, K., dan H. Ogawa. 1995. Common seaweeds and seagrasses of Thailand. Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok.
- Liu, R. M., J. Bignon, F. Haroun-Bouhedja, P. Bittoun, J. Vassy, S. Fermandjian, J. Wdzieczak-Bakala, dan C. Boisson-Vidal. 2005. Inhibitory effect of fucoidan on the adhesion of adenocarcinoma cells to fibronectin. *Anticancer Res* 25:2129–2133.
- Lugendo, B. R., Y. D. Mgaya, dan A. K. Semesi. 1999. The seagrass and associated macroalgae at selected beaches along Dar Es Salaam Coast. Hlm. 359–373 *dalam* Richmond, D. M. and J. Francis (eds.) *Marine Science Development in Tanzania and East Africa*.
- Magruder, W. H., dan J. W. Hunt. 1979. *Seaweeds of Hawaii: a photographic identification guide*. Oriental Publishing Company, Hawaii.
- Maruyama, H., H. Tamauchi, M. Iizuka, dan T. Nakano. 2006. The role of NK cells in antitumor activity of dietary fucoidan from *Undoria pinnotifida* sporophylls (Mekabu). *Planta Med* 72:1415–1417.
- Miao, H. Q., M. Elkin, E. Aingorn, R. Ishai-Michaeli, C. A. Stein, dan I. Vlodavsky. 1999. Inhibition of heparanase activity and tumor metastasis by laminarin sulfate and synthetic phosphorothioate oligodeoxynucleotides. *Int J Cancer* 83:424–431.
- Minuer, F., F. Arenas, J. Assis, A. J. Davies, A. H. Engelen, F. Fernandes, E. Malta, T. Thibout, T. V. Nguyen, F. Vaz-Pinto, S. Vranken, E. A. Serrao, dan O. D. Clerck. 2015. European seaweeds under pressure: consequences for communities and ecosystem functioning. *Journal of Sea Research* 98:91–108.
- Misra, J. N. 1966. *Phaeophyceae in India*. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi.
- Morris, L. J., R. W. Virnstein, J. D. Miller, dan L. M. Hall. 2000. Monitoring changes in Indian River Lagoon Florida, using fixed transects. Bortone, S. A. (Ed), *Seagrass Monitoring, Ecology, Physiology and Management*. CRC Press, Boca Raton.
- Multer, H. G. 1988. Growth rate, ultrastructure and sediment contribution of *Halimeda incrassata* and *Halimeda monile*, Nonsuch and Falmouth Bays, Antigua, W.I. *Coral Reefs* 6:179–186.
- Nelson, W. A., dan C. A. Maggs. 1996. Records of adventive marine algae in New Zealand: *Antithamnionella ternifolia*, *Polysiphonia senticulosa* (Ceramiales, Rhodophyta), and *Striaria attenuata* (Dictyosiphonales, Phaeophyta). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 30:449–453.
- Norashikin, A., Z. M. Harah, dan B. J. Sidik. 2013. Intertidal seaweeds and their multi-life forms. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 8(3):451–461.
- Prathep, A., S. Pongparadon, A. Darakrai, B. Wichachucherd, dan S. Sinutok. 2011. Diversity and distribution of seaweed at Khanom-Mu Ko Thale Tai National Park, Nakhon Si Thammarat Province, Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 33(6):633–640.
- Putri, S. N. E., I. A. Insan, dan D. S. Widyartini. 2014. Pertumbuhan rumput laut *Sargassum polycystum* yang dibudidayakan menggunakan berat bibit dan sistem penanaman berbeda di perairan Nusakambangan, Cilacap. Thesis Master. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Rasmussen, R. S., dan M. T. Morrissey. 2007. Marine biotechnology for production of food ingredients. Hlm. 237–292 *dalam* Taylor, S. L. (ed). *Advances in food and nutrition research*.
- Ratana-Arporn, P., dan A. Chirapart. 2006. Nutritional evaluation of tropical seaweeds *Caulerpa lentilifera* and *Ulva reticulata*. *Kasetsart J. Nat. Sci.* 40:75–83.
- Rhein-Knudsen, N., M. Tutor, dan S. Meyer. 2015. Seaweed hydrocolloid production: an update on enzyme assisted extraction and modification technologies. *Marine drugs* 13:3340–3359.
- Rigby, P. R., K. Iken, dan Y. Shirayama. 2007. Sampling Biodiversity in Coastal Communities: NaGISA Protocols for Seagrass

- and Macroalgal Habitats. Kyoto University Press.
- Rocha de Souza, M., C. Marques, C. Guerra, F. Ferreira da Silva, H. Oliveira, dan E. Leite. 2007. Antioxidant activities of sulfated polysaccharides from brown and red seaweeds. *J Appl Phycol* 19:153–160.
- Satheesh, S., dan S. G. Wesley. 2012. Diversity and distribution of seaweeds in the Kudankulam coastal waters. South-Eastern coast of India. *Biodiversity Journal* 3(1):79–84.
- Shaubaky, G. A. E. 2013. Comparison of the impact of climate change and anthropogenic disturbances on the El Arish Coast and Seaweed vegetation after ten years in 2010, North Sinai, Egypt. *Oceanologia* 55(3):663–685.
- Sridharan, M. C., dan R. Dhamotharan. 2012. Antibacterial activity of brown alga *Turbinaria conoides*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 4(4):2292–2294.
- Thirunavukkarasu, R., P. Pandiyan, K. Subaramaniyan, D. Balaraman, S. Manikkam, B. Sadaiyappan, dan G. E. G. Jothi. 2014. Screening of marine seaweeds for bioactive compound against fish pathogenic bacteria and active fraction analysed by gas chromatography mass spectrometry. *Journal of Coastal Life Medicine* 2(5):367–375.
- Trono, J. R. C. C., dan E. T. Ganzonfortes. 1988. Philippine seaweed. Technology ND Livelihood Recourse Centre, Net. Book store Inc. Metro. Manila.
- Unnikrishnan, P. S., K. Suthindhiran, dan M. A. Jayasri. 2014. Inhibitory potencial of *Turbinaria ornata* against key metabolic enzymes linked to diabetes. *BioMed Research International* 14:1–10.
- Vijayaraja, D., dan K. Jeyaprakash. 2015. Phytochemical analysis, in-vitro antioxidant and anti-hemolysis activity of *Turbinaria ornata* (turner) J. Agardh. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology* 2(12):45–49.
- Wang, J., Q. B. Zhang, Z. S. Zhang, dan Z. Li. 2008. Antioxidant activity of sulfated polysaccharide fractions extracted from *Laminaria japonica*. *Int J Biol Macromol* 42:127–132.
- Wei, T. L., dan W. Y. Chin. 1983. Seaweeds of Singapore. Singapore University Press, Singapore.
- Williams, S. L. dan Smith J. E. 2007. A global review of the distribution, taxonomy and impacts of introduced seaweeds. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 38:327–359.
- Williamson, C. J., J. Brodie, B. Goss, Y. Yallop, S. Lee, dan R. Perkins. 2014. *Corallina* and *Ellisolandia* (Corallinales, Rhodophyta) photophysiology over daylight tidal emersion: interactions with irradiance, temperature and carbonate chemistry. *Mar. Biol* 161:2051–2068.
- Zakaria, M. H., J. S. Bujang, R. Amit, S. A. Awing, dan H. Ogawa. 2006. Marine macrophytes: macroalgae species and life forms from Golden Beach, Similajau National Park, Bintulu, Serawak, Malaysia. *Coastal Marine Science* 30(1):243–246.
- Zhuang, C., H. Itoh, T. Mizuno, dan H. Ito. 1995. Antitumor active fucoidan from the brown seaweed, Umitoranoo (*Sargassum thunbergii*). *Biosci Biotechnol Biochem* 59:563–567.
- Zubia, M., D. Robledo, dan Y. Freile-Pelegrin. 2007. Antioxidant activities in tropical marine macroalgae from the Yucatan Peninsula, Mexico. *J Appl Phycol* 19:449–458.