



## Keanekaragaman Makroalga di Perairan Teluk Kendari dan Sekitarnya, Sulawesi Tenggara

Tri Handayani<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Oseanografi LIPI

Jl. Pasir Putih I No 1, Ancol Timur Jakarta 14430

\*Email: [handayanit1616@gmail.com](mailto:handayanit1616@gmail.com)

Submitted 30 July 2020. Reviewed 12 October 2020. Accepted 28 December 2020.

DOI: [10.14203/oldi.2021.v6i1.332](https://doi.org/10.14203/oldi.2021.v6i1.332)

### Abstrak

Aktivitas manusia di sekitar Teluk Kendari menyebabkan perubahan perairan dan berdampak pada perikanan dan sumberdaya laut. Makroalga termasuk sebagai sumberdaya laut yang terpengaruh oleh perubahan perairan tersebut, sehingga diperlukan pengelolaan yang tepat. Keanekaragaman makroalga dapat dipakai sebagai *baseline* data untuk pengelolaan wilayah pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman makroalga, indeks-indeks biologi makroalga dan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap keanekaragaman dan kelimpahan makroalga di Teluk Kendari dan sekitarnya. Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2016, di delapan lokasi yaitu Pulau Lara, Lalow Aru, Tanjung Tiram, Baungkutoko, Watuw Atu, Pulau Bokori, Tapulaga, dan Tenunggeu. Sampel makroalga diperoleh dengan metode transek kuadrat. Analisa data meliputi: indeks similaritas Bray-Curtis, indeks keanekaragaman, indeks kekayaan, indeks pemerataan, dan indeks dominasi. Korelasi antara kualitas perairan terhadap kelimpahan dan keanekaragaman makroalga dianalisis dengan regresi berganda. Makroalga sebanyak 38 spesies berhasil diidentifikasi yang terdiri dari tiga Filum yaitu 15 spesies Chlorophyta, 10 spesies Ochrophyta, dan 13 spesies Rhodophyta. Tanjung Tiram dan Lalow Aru memiliki makroalga yang serupa dengan nilai indeks similaritas tertinggi yaitu 0,93. Makroalga di Teluk Kendari memiliki keanekaragaman spesies dengan kategori rendah – sedang, kekayaan spesies yang rendah, pemerataan spesies dengan kategori sedang – tinggi, dan dominasi spesies dengan kategori rendah – sedang. Terdapat pola gradien keanekaragaman makroalga di Teluk Kendari dan sekitarnya. Tutupan lamun dan kualitas perairan lebih berpengaruh terhadap keanekaragaman makroalga dibandingkan dengan kelimpahan makroalga di Teluk Kendari dan sekitarnya.

**Kata Kunci:** keanekaragaman makroalga, kelimpahan makroalga, indeks biologi, kualitas air, Teluk Kendari

### Abstract

**Macroalgae Diversity in Kendari Bay Waters and Surroundings, Southeast Sulawesi.** Human activities around Kendari Bay cause environmental changes. It has an impact on fisheries and marine resources. Macroalgae was also affected by environmental changes, so management of macroalgae was required. The diversity of macroalgae can be used as baseline data for coastal area management. The aims of the study were to find out the diversity of macroalgae, biological indices of macroalgae and the factors that influence the diversity and abundance of macroalgae in Kendari Bay and surroundings. The study was conducted in September 2016, in eight locations, namely Lara Island, Lalow Aru, Tanjung Tiram, Baungkutoko, Watuw Atu, Bokori Island, Tapulaga, and Tenunggeu. Macroalgae samples were collected by the quadratic transect method. The data analyzed were Bray-Curtis similarity, diversity, richness, evenness, and dominance index. The correlation between water quality and abundance or diversity of macroalgae was analyzed by multiple regression analysis. A total of 38 species of macroalgae were identified consisting of

three Phylum: 15 species of Chlorophyta, 10 species of Ochrophyta, and 13 species of Rhodophyta. Tanjung Tiram and Lalow Aru have the highest similarity index of 0.93. Macroalgae in Kendari Bay have the low to moderate category of species diversity, low category of species richness, the medium to high category of species evenness, and the low to moderate category of species dominance. There was a gradient pattern of macroalgae diversity in Kendari Bay and surroundings. Seagrass cover and water quality have more influence on macroalgae diversity than macroalgae abundance in Kendari Bay and surroundings.

**Keywords:** macroalgae diversity, macroalgae abundance, biological index, water quality, Kendari Bay

## Pendahuluan

Teluk Kendari merupakan teluk yang terletak di pusat kota Kendari. Sebagai perairan yang berbatasan langsung dengan perkotaan, perairan Teluk Kendari dan sekitarnya dipengaruhi oleh aktivitas manusia, antara lain pemukiman penduduk (Ido et al., 2019), pariwisata, perikanan, penambangan pasir (Asriyana et al., 2009), dan alih fungsi lahan mangrove menjadi tambak (Ido et al., 2019). Aktivitas tersebut akan berpengaruh terhadap kondisi ekologi, kualitas perairan, dan komunitas biota laut yang hidup di dalamnya. Seiring dengan peningkatan pembangunan, maka aktivitas pesisir tersebut akan terus meningkat dan tidak menutup kemungkinan berdampak pada keseimbangan dan kesehatan ekosistem pesisir. Menurut Limi et al. (2017), kelestarian kawasan pesisir Teluk Kendari terancam karena terjadi perubahan lingkungan dan berdampak pada perikanan dan sumberdaya laut. Makroalga sebagai bagian dari ekosistem pesisir tentu juga akan terpengaruh oleh perubahan perairan tersebut.

Peranan makroalga sebagai bagian dari ekosistem pesisir memberikan kontribusi besar terhadap keseimbangan dan kesehatan ekosistem pesisir. Makroalga memiliki peranan secara ekologis sebagai produser primer dalam rantai makanan (Patreph et al., 2011; Satheesh & Wesley, 2012), menjadi habitat bagi organisme laut kecil lainnya (krustasea, moluska, dan ekinodermata) (Okuda, 2008; Prathep et al., 2011), habitat pengasuhan (Chaves et al., 2013; Giakuomi et al., 2012), tempat perlindungan (Amsler et al., 2015), habitat pemijahan, dan sumber makanan bagi organisme laut (Filbee-Dexter & Scheibling, 2014; Talentino-Pablico et al., 2007; Williams & Smith, 2007), serta berperan dalam sistem karbon biru (Chung et al., 2011; Sondak & Chung, 2015; Sondak et al., 2016). Oleh karena itu, keberadaan makroalga perlu dikelola dan dijaga kelestariannya.

Informasi keanekaragaman makroalga di Teluk Kendari dan sekitarnya masih terbatas. Penelitian makroalga komersial/rumput laut yang pernah dilakukan adalah produksi budidaya

rumput laut yang mengalami penurunan pasca terjadinya sedimentasi dan perubahan lingkungan di Teluk Kendari (Limi et al., 2018). Penelitian makroalga alami yang pernah dilakukan di perairan yang terdekat dengan Teluk Kendari adalah di Pulau Hari, dimana ditemukan 25 spesies makroalga alami (Ira et al., 2018). Sedangkan penelitian makroalga alami di Teluk Kendari dan sekitarnya belum ada laporan.

Mengingat peranan makroalga yang sangat penting bagi keseimbangan dan kesehatan ekosistem perairan, serta adanya keterbatasan data dan informasi makroalga di Teluk Kendari dan sekitarnya, sehingga penelitian ini dilakukan sebagai *baseline* data untuk studi ekologi yang lebih kompleks di masa yang akan datang dan selanjutnya untuk dasar pengelolaan wilayah pesisir Teluk Kendari dan sekitarnya. Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui keanekaragaman makroalga, indeks-indeks biologi makroalga dan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap keanekaragaman dan kelimpahan makroalga di Teluk Kendari dan sekitarnya.

## Metodologi

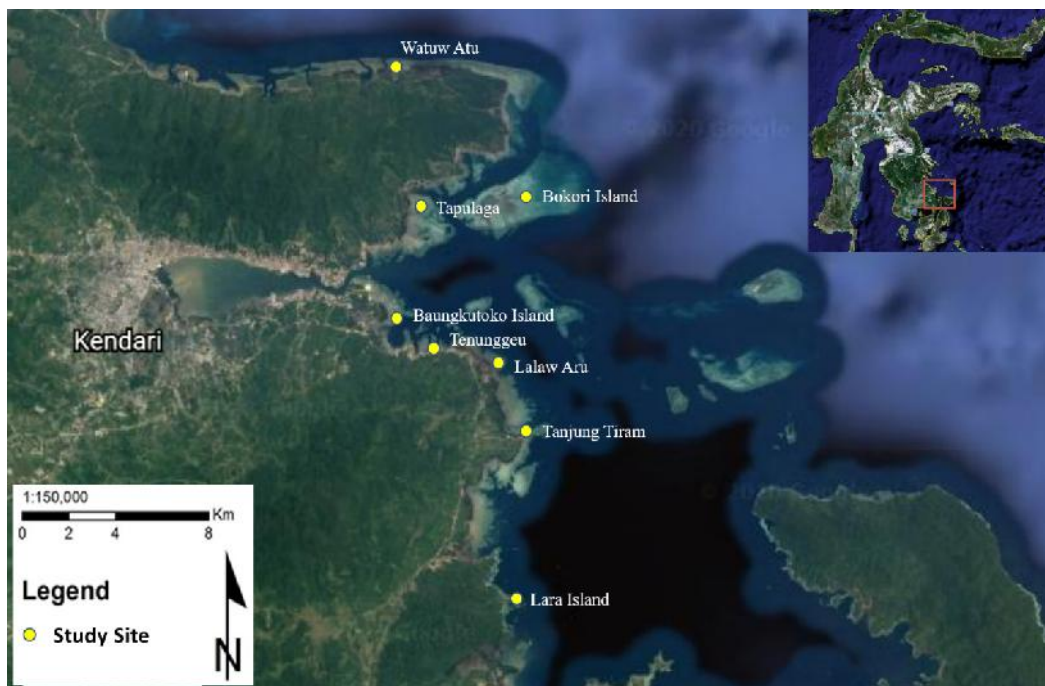
### Lokasi dan Waktu Penelitian

Teluk Kendari merupakan teluk yang terletak di pusat kota Kendari. Pada bagian mulut teluk lebih sempit dibandingkan di bagian tengah teluk. Selain itu, di mulut teluk terdapat satu pulau yaitu Pulau Bangkutoko. Pulau inilah yang mengakibatkan wilayah teluk ini seolah-olah tertutup dari pengaruh perairan laut bebas. Lokasi penelitian tidak hanya dilakukan di area Teluk Kendari, tetapi juga dilakukan di perairan sekitar Teluk Kendari yaitu mulai dari Pulau Lara (di sebelah selatan) sampai dengan Watuw Atu (di sebelah Utara) (Gambar 1). Kegiatan penelitian dilaksanakan pada bulan September 2016. Penelitian dilakukan di delapan lokasi yaitu Pulau Lara, Lalow Aru, Tanjung Tiram, Pulau Baungkutoko, Watuw Atu, Pulau Bokori, Tapulaga, dan Tenunggeu (Gambar 1).

### Pengambilan Sampel Makroalga

Sampel makroalga diperoleh menggunakan metode transek kwadrat yaitu dengan menarik tambang tegak lurus garis pantai ke arah tubir di padang lamun setiap lokasi penelitian. Panjang transek ialah 100-250 m disesuaikan dengan lebar padang lamun. Setiap lokasi penelitian dilakukan tiga kali transek dengan jarak 100 m antar transek, dan setiap transek terdiri dari 10 titik transek/*frame*, sehingga setiap lokasi penelitian terdiri dari 30 titik transek (*frame*). *Frame* merupakan kerangka besi berukuran 1 m<sup>2</sup>. Jarak antar *frame* adalah 10-25 m, disesuaikan

dengan lebar padang lamun. Makroalga yang berada di dalam *frame* dihitung jumlah individu setiap spesies. Setelah selesai penghitungan makroalga di dalam *frame* tersebut, maka *frame* dipindahkan pada titik berikutnya dan seterusnya sampai selesai satu transek (Dhargalkar & Kavlekar, 2004; Rigby et al., 2007). Selain metode transek kuadrat juga dilakukan koleksi bebas. Koleksi bebas dilakukan untuk menginventarisasi makroalga yang tumbuh di lokasi penelitian tetapi tidak ditemukan di dalam *frame*. Pengamatan habitat dilakukan secara visual di dalam *frame*.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di perairan Teluk Kendari dan sekitarnya.  
Figure 1. Map of the study in Kendari Bay waters and surroundings.

### Pengambilan Sampel Substrat

Sampel substrat terutama sedimen diambil di tiap transek. Contoh sedimen kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 48 jam. Setelah kering, sedimen diayak menggunakan saringan mesh dengan ukuran 35, 120, dan 230 mesh. Saringan dengan ukuran 35 mesh untuk lumpur (*silt*), sedangkan saringan dengan ukuran 120 dan 230 mesh untuk pasir (Wentworth, 1922). Sedangkan substrat berupa batuan, pecahan karang, karang hidup, dan karang mati diamati secara *visual* di dalam transek.

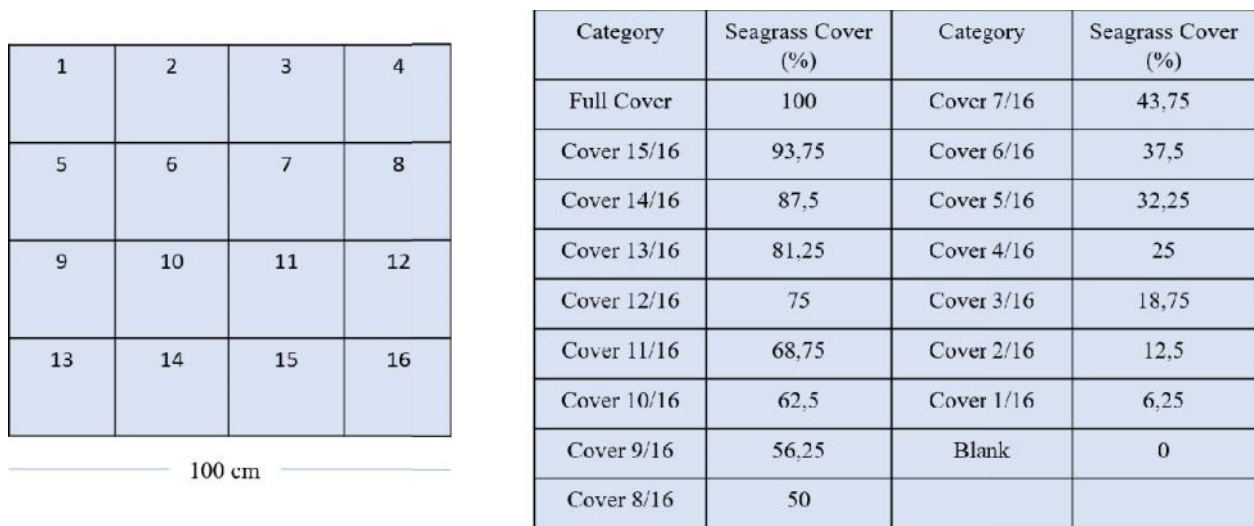
### Pengukuran Kualitas air

Parameter kualitas air yang diukur adalah temperatur, salinitas, dan pH. Pengukuran kualitas

air dilakukan dengan tiga kali pengulangan di setiap lokasi penelitian yaitu pada setiap garis transek. Parameter tersebut diukur secara *in situ* di lokasi penelitian dengan menggunakan LabQuest 2 *water quality*.

### Penentuan Tutupan Lamun

Penentuan tutupan lamun mengikuti panduan monitoring padang lamun dengan melakukan modifikasi disesuaikan dengan ukuran transek untuk makroalga (Rahmawati et al., 2014). Penentuan tutupan lamun pada transek ukuran 1 x 1 m (kotak besar). Setiap transek dibagi menjadi 16 kotak kecil ukuran 25 x 25 cm. Penentuan nilai tutupan lamun dijelaskan pada gambar 2.



Gambar 2. Penentuan tutupan lamun.  
Figure 2. Determination of seagrass cover.

### Identifikasi Makroalga

Makroalga yang dikoleksi, kemudian diidentifikasi menurut Atmadja et al. (1996), Cordero (1981), Cribb (1983), Lewmanomont & Ogawa (1995), Magruder & Hunt (1979), Mirsa (1966), Trono & Ganzonfortes (1988), Wei & Chin (1983). Selain menggunakan buku identifikasi makroalga, nomenklatur makroalga dicocokkan dengan Guiry & Guiry (2020) untuk menyesuaikan dengan perkembangan tata nama ilmiah yang berlaku secara internasional saat ini.

### Analisa Data

Analisa data yang dilakukan meliputi indeks similaritas Bray-Curtis, indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, indeks kekayaan, indeks pemerataan, dan indeks dominasi. Indeks-indeks tersebut dihitung menurut Odum (1998). Hubungan tutupan lamun, temperatur, salinitas, dan pH terhadap kelimpahan dan keanekaragaman makroalga dianalisa menggunakan regresi linier berganda.

## Hasil

### Keanekaragaman Makroalga

Total 38 spesies makroalga berhasil diidentifikasi dari perairan Teluk Kendari dan sekitarnya, yang terdiri dari 3 divisi/filum yaitu Chlorophyta (15 spesies dari sepuluh genus), Ochrophyta (10 spesies dari delapan genus), dan

Rhodophyta (13 spesies dari sembilan genus) (Tabel 1). Proporsi makroalga hijau (Chlorophyta) lebih besar dibandingkan dengan makroalga Rhodophyta dan Ochrophyta. Makroalga yang paling sering ditemukan di lokasi penelitian ialah marga *Halimeda*.

Jumlah spesies makroalga tertinggi ditemukan di Watuw Atu yaitu 29 spesies, sedangkan di Tenungeu memiliki jumlah spesies paling rendah yaitu 2 spesies dari filum Chlorophyta (Gambar 3). Terdapat pola gradien keanekaragaman makroalga di Teluk Kendari. Pulau Lara dan Watuw Atu yang merupakan lokasi paling jauh jaraknya dari Teluk Kendari, menunjukkan keanekaragaman makroalga yang lebih tinggi. Sedangkan lokasi lainnya yang berada di dekat Teluk Kendari memiliki keanekaragaman makroalga yang rendah.

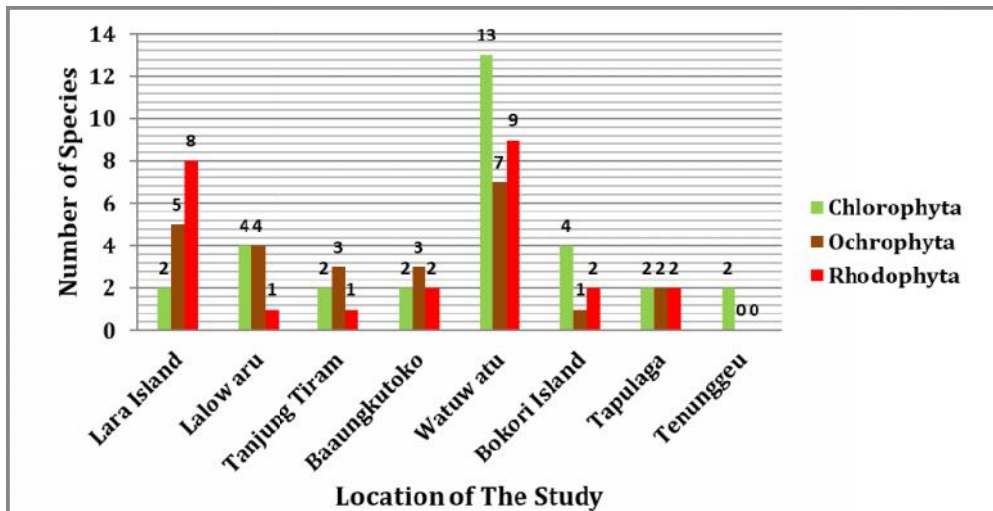
### Indeks-indeks Biologi Makroalga

Indeks similaritas Bray-Curtis di lokasi penelitian menunjukkan terdapat perbedaan makroalga di setiap lokasi pengamatan, kecuali makroalga di Tanjung Tiram dan Lalow Aru serta Tenungeu dan Baaungkutoko (Tabel 2). Tanjung Tiram dan Lalow Aru memiliki indeks similaritas tertinggi yaitu 0,93. Tenungeu dan Baaungkutoko memiliki indeks similaritas 0,74, sedangkan lokasi lainnya memiliki indeks similaritas kurang dari 0.5.

Tabel 1. List spesies makroalga di Teluk Kendari dan sekitarnya.

Table 1. Species list of macroalgae in Kendari Bay and surroundings.

No.	Order	Family	Species
	<b>Phyllum: Chlorophyta</b>		
1	Bryopsidales	Caulerpaceae	<i>Caulerpa lentillifera</i>
2			<i>Caulerpa serrulata</i>
3			<i>Caulerpa sertularioides</i>
4		Codiaceae	<i>Codium arabicum</i>
5		Halimedaceae	<i>Halimeda incrassata</i>
6			<i>Halimeda macroloba</i>
7			<i>Halimeda opuntia</i>
8			<i>Halimeda sp</i>
9	Cladophorales	Boodleaceae	<i>Boodlea composita</i>
10		Cladophoraceae	<i>Chaetomorpha crassa</i>
11		Siphonocladaceae	<i>Boergesenia forbesii</i>
12			<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>
13	Valoniaceae	<i>Valonia aegagropila</i>	
14	Dasycladales	Dasycladaceae	<i>Bornetella nitida</i>
15			<i>Neomeris annulata</i>
	<b>Phyllum: Ochrophyta</b>		
16	Dictyotales	Dictyotaceae	<i>Canistrocarpus cervicornis</i>
17			<i>Dictyota dichotoma</i>
18			<i>Padina australis</i>
19	Ectocarpales	Scytosiphonaceae	<i>Colpomenia sinuosa</i>
20	Fucales	Sargassaceae	<i>Cystoseira sp.</i>
21			<i>Hormophysa cuneiformis</i>
22			<i>Sargassum cinereum</i>
23			<i>Sargassum ilicifolium</i>
24			<i>Sargassum polycystum</i>
25			<i>Turbinaria ornata</i>
	<b>Phyllum Rhodophyta</b>		
26	Ceramiales	Rhodomelaceae	<i>Acanthophora spicifera</i>
27			<i>Acanthophora muscoides</i>
28			<i>Acanthophora dendroides</i>
29	Corallinales	Lithophyllaceae	<i>Amphiroa fragilissima</i>
30	Gelidiales	Gelidiaceae	<i>Gelidium sp.</i>
31	Gigartinales	Rhizophyllidaceae	<i>Portieria hornemanii</i>
32		Cystocloniaceae	<i>Hypnea esperi</i>
33			<i>Hypnea cervicornis</i>
34			<i>Hypnea sp</i>
35	Gracilariales	Gracilariaceae	<i>Gracilaria salicornia</i>
36			<i>Hydropuntia edulis</i>
37	Nemaliales	Galaxauraceae	<i>Actinotrichia fragilis</i>
38			<i>Galaxaura rugosa</i>



Gambar 3. Distribusi makroalga di Teluk Kendari dan sekitarnya.  
Figure 3. Macroalgae distribution in Kendari Bay and surroundings.

Tabel 2. Indeks Similaritas Bray-Curtis makroalga di Teluk Kendari dan sekitarnya.

Table 2. Bray-Curtis Similarity Index of macroalgae in Kendari Bay and surroundings.

Bray-Curtis Similarity Index	Lara Island	Lalow aru	Tanjung Tiram	Baaungkutoko	Watuw atu	Bokori Island	Tapulaga	Tenunggeu
Lara Island		0.16	0.11	0.09	0.42	0.24	0.15	0.10
Lalow aru	0.16		<b>0.93</b>	0.26	0.26	0.13	0.22	0.36
Tanjung Tiram	0.11	<b>0.93</b>		0.16	0.15	0.08	0.25	0.27
Baaungkutoko	0.09	0.26	0.16		0.36	0.01	0.35	<b>0.74</b>
Watuw atu	0.42	0.26	0.15	0.36		0.12	0.24	0.41
Bokori Island	0.24	0.13	0.08	0.01	0.12		0.08	0.04
Tapulaga	0.15	0.22	0.25	0.35	0.24	0.08		0.48
Tenunggeu	0.10	0.36	0.27	<b>0.74</b>	0.41	0.04	0.48	

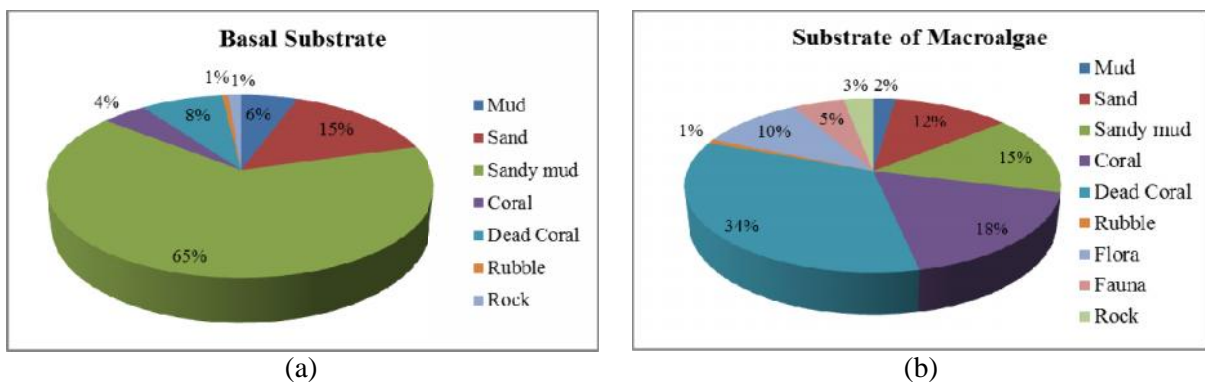
Indeks-indeks biologi makroalga di Teluk Kendari dan sekitarnya memiliki menunjukkan rentang bervariasi yang besar (Tabel 3). Makroalga di Teluk Kendari memiliki indeks keanekaragaman spesies sebesar 0,46 – 2,06 dengan kategori rendah – sedang, indeks kekayaan spesies sebesar 0,22 - 2,22 dengan kategori rendah, dan indeks pemerataan spesies sebesar 0,47 – 0,87 dengan kategori sedang - tinggi. Sedangkan nilai indeks dominasi spesies makroalga antara 0,17 – 0,72 dengan kategori rendah – sedang (Tabel 3).

#### Substrat dan *Life form* makroalga

Substrat merupakan salah satu faktor penentu kehadiran makroalga di suatu wilayah. Terdapat tujuh tipe substrat dasar yang ditemukan (Gambar 4a). Sedangkan substrat tempat menempel makroalga terdapat sembilan tipe (Gambar 4b). Substrat tempat menempel bagi makroalga lebih bervariasi dibandingkan dengan substrat dasar perairan, yang menunjukkan bahwa makroalga tidak hanya tumbuh menempel pada substrat dasar perairan. Pada umumnya spesies makroalga dapat ditemukan di substrat keras seperti karang mati, karang hidup, batuan vulkanik, dan pecahan karang.

Tabel 3. Indeks Keanekaragaman, Kekayaan, Kemerataan, dan Dominasi Makroalga (Odum, 1998) di Teluk Kendari dan sekitarnya.  
 Table 3. Diversity, Richness, Evenness, and Dominance Index of macroalgae (Odum, 1998) in Kendari Bay and surroundings.

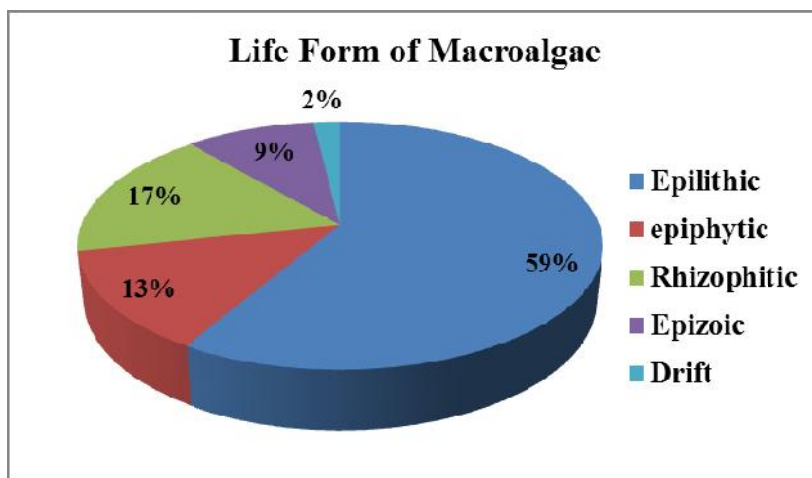
Location	Diversity Index (H')		Richness Index (R)		Evenness Index (E)		Dominance Index (DI)	
	Score	Category	Score	Category	Score	Category	Score	Category
Lara Island	1.81	Moderate	1.35	Low	0.87	High	0.19	Low
Lalow Aru	0.80	Low	0.72	Low	0.50	Moderate	0.57	Moderate
Tanjung Tiram	0.52	Low	0.37	Low	0.48	Moderate	0.72	Moderate
Baaungkutoko	0.52	Low	0.42	Low	0.47	Moderate	0.69	Moderate
Watuw Atu	2.06	Moderate	2.22	Low	0.81	High	0.17	Low
Bokori Island	1.15	Moderate	0.85	Low	0.71	High	0.43	Low
Tapulaga	0.66	Low	0.58	Low	0.60	Moderate	0.64	Moderate
Tenunggeu	0.46	Low	0.22	Low	0.67	High	0.71	Moderate



Gambar 4. (a) Substrat dasar perairan dan (b) Substrat makroalga di Teluk Kendari dan sekitarnya.  
 Figure 4. (a) Basal substrate and (b) substrate of macroalgae in Kendari Bay and surroundings.

Terdapat lima tipe *life form* makroalga yang ditemukan yaitu epilitik, epipitik, epizoik, rhizopitik, dan drift (Gambar 5). *Life form* dengan tipe epilitik dan rhizopitik adalah tipe yang mudah ditemukan. Makroalga mampu

tumbuh pada beberapa substrat dasar, sehingga satu spesies makroalga dapat memiliki lebih dari satu tipe *life form*. Tipe *life form* makroalga yang paling sering ditemukan ialah epilitik.



Gambar 5. *Life form* makroalga di perairan Teluk Kendari dan sekitarnya.  
 Figure 5. Life form of macroalgae in Kendari Bay and surroundings.

### Korelasi antara Kualitas Perairan Terhadap Kelimpahan dan Keanekaragaman Makroalga

Tutupan lamun di Teluk Kendari relatif rendah kecuali di Watuw Atu dan Pulau Bokori (Tabel 4). Suhu, salinitas, dan keasaman perairan di lokasi penelitian menunjukkan kualitas perairan pesisir yang berbatasan dengan perairan oseanik tropis (Tabel 4), yaitu suhu yang cenderung hangat, salinitas di atas 30 ppt, dan keasaman yang sangat sadah. Hasil analisa regresi linier berganda menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara tutupan lamun dan kualitas perairan terhadap kelimpahan makroalga, dengan nilai

koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,5090 dan persamaan regresi Y (kelimpahan makroalga) =  $-0,1588$  tutupan lamun  $- 6,1356$  temperatur  $+ 1,4794$  salinitas  $+ 0,3504$  pH  $+ 166,146$ . Hasil analisa regresi linier berganda juga menunjukkan adanya pengaruh antara tutupan lamun dan kualitas perairan terhadap keanekaragaman makroalga, dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,7579 dan persamaan regresi Y (keanekaragaman makroalga) =  $0,1248$  tutupan lamun  $+ 0,0868$  temperatur  $+ 1,7933$  salinitas  $- 0,0889$  pH  $- 50,3685$ .

Tabel 4. Tutupan lamun dan kualitas perairan di perairan Teluk Kendari dan sekitarnya.

Table 4. Seagrass cover and water quality in Kendari Bay and surroundings.

Location	Seagrass Cover (%)	Substrate (%)							Water Quality		
		M	S	SM	C	DC	Rb	R	Temperature (°C)	Salinity (ppt)	pH
Lara Island	17,5	0	50	25	10	10	5	0	31,47	31,47	8,38
Lalow Aru	11,8	15	15	55	5	10	0	0	30,77	32,43	8,22
Tanjung Tiram	4	10	5	70	0	5	0	10	31,70	32,10	8,30
Baungkutoko	9,3	0	5	90	0	5	0	0	33,50	30,70	8,42
Watuw Atu	74,5	20	20	20	15	25	0	0	30,47	32,17	8,44
Bokori Island	51,5	0	0	100	0	0	0	0	30,90	31,03	8,32
Tapulaga	9	0	5	80	5	10	0	0	33,87	32,23	8,47
Tenunggeu	6,5	0	20	80	0	0	0	0	33,73	31,47	8,37

M Mud, S Sand, SM Sandy mud, C Coral, DC Dead Coral, Rb Rubble, R Rock

## Pembahasan

### Keanekaragaman Makroalga

Perairan Teluk Kendari dan sekitarnya memiliki jumlah spesies makroalga sebesar 38 spesies. Jumlah spesies makroalga yang ditemukan di Teluk Kendari lebih banyak dibandingkan dengan di Teluk Gilimanuk, Bali Barat yang memiliki 35 spesies (Handayani et al., 2007), Teluk Ambon yang memiliki 21 spesies (Litaay, 2014), Teluk Lampung yang memiliki 27 spesies (Handayani, 2017) hingga 33 spesies (Kadi, 2010), Teluk Awur yang memiliki 8 spesies (Pramesti et al., 2016), dan Teluk Carita yang memiliki 18 spesies (Kadi, 2017). Namun demikian, jumlah spesies makroalga di Teluk Kendari lebih sedikit dibandingkan dengan di Teluk Jakarta yang memiliki 103 spesies (Atmadja & Sulistijo, 1988). Perbedaan jumlah spesies makroalga yang ditemukan di beberapa daerah menunjukkan bahwa keberadaan makroalga dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti musim, lokasi geografis, topografi wilayah, dan substrat dasar. Menurut Kang et al.

(2011), makroalga bersifat musiman, sehingga pada saat tertentu dapat ditemukan dalam jumlah melimpah, sedangkan pada musim yang lain ditemukan dalam jumlah sedikit atau tidak ditemukan keberadaannya. Keanekaragaman makroalga dipengaruhi oleh kualitas perairan (Chen et al., 2017). Habitat dan substrat juga berpengaruh terhadap keragaman dan kelimpahan makroalga (Anggadiredja, 2017; Imchen, 2015; Norashikin et al., 2013).

Makroalga yang paling sering ditemukan di lokasi penelitian ialah marga *Halimeda*. *Halimeda* merupakan makroalga yang memiliki sebaran luas (*common species*) dan memiliki keanekaragaman spesies yang tinggi (26 spesies ditemukan di Indonesia), sehingga keberadaannya dapat ditemukan hampir di seluruh perairan Indonesia (Atmadja & Prudhomme van Reine, 2014). *Halimeda* merupakan salah satu marga makroalga yang memiliki toleransi yang besar terhadap pasang surut air laut, pada saat surut terendah makroalga ini dapat beradaptasi/bertahan terhadap kekeringan. Sehingga *Halimeda* sering ditemukan dan mendominasi di setiap perairan di Indonesia. *Halimeda* juga mampu tumbuh di



berbagai substrat baik berupa substrat lunak maupun keras (Melsasail et al., 2018).

Setiap lokasi memiliki jumlah spesies makroalga yang berbeda-beda. Watuw Atu memiliki jumlah spesies makroalga tertinggi yaitu 29 Spesies, sedangkan Tenunggeu memiliki jumlah spesies makroalga terendah yaitu 2 spesies. Perbedaan jumlah spesies yang ditemukan tersebut dipengaruhi oleh jenis dan kompleksitas substrat yang ditemukan di lokasi tersebut. Watuw Atu memiliki substrat yang lebih kompleks, baik berupa substrat lunak (lumpur, pasir, dan pasir lumpuran), dan substrat keras (karang hidup dan karang mati). Sedangkan di Tenunggeu hanya ditemukan substrat lunak saja yaitu pasir dan pasir lumpuran. Hal ini sesuai dengan pernyataan Imchen (2015), bahwa substrat berpengaruh terhadap jumlah spesies makroalga di perairan intertidal. Kompleksitas substrat juga berpengaruh terhadap kelimpahan dan jumlah spesies makroalga (Norashikin et al., 2013).

Pola gradien keanekaragaman makroalga di Teluk Kendari dan sekitarnya, berupa perubahan keanekaragaman makroalga yang meningkat di lokasi yang semakin jauh dari Teluk. Pulau Lara dan Watuw Atu yang merupakan lokasi paling jauh dari Teluk Kendari, menunjukkan keanekaragaman makroalga yang lebih tinggi yaitu 15 dan 29 spesies. Sedangkan lokasi lainnya yang berada di dekat Teluk Kendari memiliki keanekaragaman makroalga yang lebih rendah (2-9 spesies). Pola gradien ini serupa dengan yang terjadi di Teluk Jakarta (Draisma et al., 2018). Pola gradien ini terjadi karena Teluk Kendari memiliki tutupan karang (mati dan hidup) yang lebih rendah (0-25%) dan didominasi oleh substrat pasir dan lumpur (20-100%). Semakin jauh dari Teluk Kendari, tutupan karang meningkat dan substrat pasir maupun lumpur semakin berkurang. Sementara kebanyakan makroalga membutuhkan substrat keras untuk menempel. Kondisi serupa juga terjadi di Teluk Jakarta, dimana tutupan karang semakin kecil dan substrat pasir maupun lumpur semakin dominan di area dalam teluk, sedangkan semakin keluar teluk maka tutupan karang semakin meningkat dan substrat pasir maupun lumpur semakin berkurang (Rachello-Dolmen & Cleary, 2007).

### Indeks-indeks Biologi Makroalga

Tanjung Tiram dan Lalow Aru memiliki indeks similaritas tertinggi yaitu 0,93, yang menunjukkan bahwa makroalga yang ditemukan di kedua lokasi tersebut memiliki tingkat persamaan 93%. *Halimeda opuntia*, *Halimeda macroloba*, dan *Gracilaria salicornia* ditemukan dalam jumlah individu yang hampir sama di

kedua lokasi. Persamaan yang tinggi antara makroalga di Tanjung Tiram dan Lalow Aru kemungkinan disebabkan oleh adanya kombinasi substrat yang hampir sama (55-75% pasir lumpuran, 5-15% pasir, 10-15% lumpur dan 5-10% karang mati) sehingga spesies makroalga yang ditemukan juga hampir sama. Substrat merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kelimpahan dan kehadiran spesies makroalga di suatu wilayah (Anggadiredja, 2017; Imchen 2015; Norashikin et al. 2013). Kombinasi struktur substrat menentukan variasi spesies makroalga. Pesisir yang memiliki struktur substrat serupa, maka keanekaragaman spesies makroalganya juga cenderung serupa (Melsasail et al., 2018). Secara umum, tipe substrat tertentu ditumbuhi oleh spesies makroalga tertentu. Substrat lunak seperti pasir, lumpur, dan kombinasinya akan ditumbuhi oleh makroalga yang memiliki rhizoid dan bulbous seperti *H. opuntia* dan *H. macroloba*. Sedangkan *G. Salicornia* merupakan salah satu makroalga yang mampu tumbuh melayang (*drift seaweed*) sehingga mampu tumbuh di perairan dengan substrat apapun (Norashikin et al. 2013). Selain substrat, persentase tutupan lamun dan kondisi kualitas perairan (temperatur, salinitas, dan pH) yang hampir sama juga mendukung tumbuhnya makroalga yang sama (Tabel 4). Kondisi ini sesuai dengan pernyataan Arfah dan Patty (2016), bahwa suhu, salinitas, dan pH berpengaruh terhadap keberadaan makroalga.

Tenunggeu dan Baaungkutoko memiliki indeks similaritas 0,74, yang menunjukkan bahwa kedua lokasi ini memiliki kesamaan makroalga sebesar 74%. Kesamaan makroalga di Tenunggeu dan Baaungkutoko juga disebabkan karena adanya kombinasi substrat yang hampir sama serta persentase tutupan lamun dan kondisi faktor lingkungan yang hampir sama (Tabel 4). Tenunggeu dan Baaungkutoko memiliki substrat berupa 5-20 % pasir dan 80-90 % pasir lumpuran. Kondisi makroalga antara Tenunggeu dan Baaungkutoko sama seperti kondisi antara Tanjung Tiram dan Lalow Aru. Makroalga yang sama-sama ditemukan di Tenunggeu dan Baaungkutoko adalah *H. opuntia* dan *H. macroloba*, tetapi dengan jumlah individu yang berbeda.

Lokasi lainnya memiliki indeks similaritas kurang dari 0,5, yang menunjukkan bahwa makroalga antar lokasi tersebut memiliki persentase perbedaan makroalga lebih besar dibandingkan dengan persentase persamaan makroalga yang ditemukan. Perbedaan spesies dan kelimpahan makroalga antar lokasi penelitian, disebabkan karena perbedaan substrat dan tutupan

lamun yang cukup lebar. Persentase tutupan lamun memiliki rentang nilai yang sangat lebar yaitu 4 - 74,5 %, kombinasi substrat dari 1 – 7 tipe substrat. Sedangkan kualitas perairan memiliki rentang nilai yang sempit (Tabel 4).

Makroalga di Teluk Kendari memiliki indeks keanekaragaman spesies sebesar 0,46 – 2,06 dengan kategori rendah – sedang. Indeks keanekaragaman spesies terendah ditemukan di Tenunggeu, sedangkan Indeks keanekaragaman spesies tertinggi ditemukan di Watuw Atu. Keanekaragaman spesies dipengaruhi salah satunya oleh substrat (Imchen, 2015; Norashikin et al., 2013). Tenunggeu memiliki substrat berupa pasir dan pasir lumpuran, sedangkan Watuw Atu memiliki kombinasi substrat yang lebih bervariasi yaitu pasir, lumpur, pasir lumpuran, karang hidup, dan karang mati.

Indeks kekayaan spesies makroalga di Teluk Kendari sebesar 0,22 -2,22 dengan kategori rendah. Indeks kekayaan spesies terendah ditemukan di Tenunggeu, sedangkan Indeks kekayaan spesies tertinggi ditemukan di Watuw Atu. Sama halnya dengan indeks keanekaragaman spesies, perbedaan indeks kekayaan spesies di setiap lokasi juga disebabkan salah satunya oleh substrat.

Indeks pemerataan spesies makroalga di Teluk Kendari berkisar antara 0,47 – 0,87 dengan kategori sedang - tinggi. Semakin tinggi nilai indeks pemerataan menunjukkan semakin merata sebaran spesies pada suatu komunitas (lokasi penelitian). Berdasarkan nilai indeks ini, spesies makroalga yang ditemukan di setiap lokasi penelitian cukup merata.

Makroalga di Teluk Kendari memiliki nilai indeks dominasi spesies antara 0,17 – 0,72 dengan kategori rendah – sedang. Watuw Atu memiliki nilai indeks dominasi terkecil yaitu 0,17, yang menunjukkan bahwa di lokasi ini memiliki kecenderungan tidak terdapat dominasi oleh spesies tertentu. Sedangkan Tanjung Tiram memiliki nilai indeks dominasi tertinggi yaitu 0,72, yang menunjukkan bahwa di lokasi ini memiliki kecenderungan terdapat dominasi oleh spesies tertentu. Semakin tinggi nilai indeks dominasi mengindikasikan bahwa di lokasi tersebut terdapat dominasi oleh spesies tertentu. Spesies yang dominan ditemukan di Tanjung Tiram adalah *H. macroloba*. Substrat yang berupa pasir lumpuran menjadi penyebab spesies ini ditemukan dalam jumlah banyak, karena hanya spesies tertentu dan salah satunya adalah *H. macroloba* yang mampu tumbuh di substrat pasir lumpuran. Hal ini sesuai dengan pernyataan Norashikin et al. (2013) yang menyatakan bahwa *H. macroloba* memiliki bulbous yang

menyebabkan spesies ini mampu tumbuh di substrat lunak seperti lumpur, pasir, dan kombinasinya.

### Substrat dan *Life Form* Makroalga

Substrat tempat menempel bagi makroalga lebih bervariasi dibandingkan dengan substrat dasar perairan. Hal ini terjadi karena makroalga dapat tumbuh menempel pada substrat dasar perairan maupun pada biota laut lainnya (cangkang hewan dan tumbuhan). Menurut Zakaria et al. (2006), makroalga dapat tumbuh pada substrat dasar perairan yang berupa pasir, lumpur, karang mati, karang hidup, pecahan karang, dan batuan, tetapi juga dapat tumbuh menempel pada vegetasi laut lainnya dan cangkang bivalvia.

Sebagian besar makroalga di Teluk Kendari dan sekitarnya dapat ditemukan di substrat keras seperti karang mati, karang hidup, batuan vulkanik, dan pecahan karang. Walaupun sebagian besar substrat dasar perairan berupa pasir lumpuran, tetapi sebagian besar makroalga ditemukan di substrat keras. Fenomena ini menunjukkan bahwa makroalga lebih stabil menempel pada substrat keras dibandingkan dengan substrat lunak. Menurut Kadi (2010), pertumbuhan dan kelangsungan hidup makroalga dipengaruhi oleh kestabilan substrat. Struktur substrat yang stabil tidak mudah tergerus oleh pasang surut air laut, sedangkan struktur substrat labil lebih mudah tergerus oleh air pasang surut dan ini memberikan pengaruh terhadap tingkat penempelan makroalga pada substrat.

Terdapat lima tipe *life form* makroalga yang ditemukan yaitu epilitik, epipitik, epizoik, rhizophitik, dan drift. Setiap perairan memiliki jumlah tipe *life form* makroalga yang berbeda-beda (dapat ditemukan lima atau kurang dari lima tipe *life form*). Perairan lain yang juga memiliki lima tipe *life form* antara lain Teluk Lampung (Handayani, 2017) dan perairan Taman Nasional Similajau, Serawak (Zakaria et al., 2006), sedangkan perairan di selatan Garut, Jawa Barat hanya ditemukan empat tipe *life form* makroalga (Handayani, 2019).

Epilitik adalah tipe *life form* makroalga yang paling sering ditemukan. Seperti bahasan sebelumnya bahwa makroalga lebih stabil tumbuh di substrat keras, sehingga secara umum dalam suatu perairan banyak ditemukan makroalga yang bersifat epilitik. Makroalga epilitik merupakan makroalga yang tumbuh menempel pada substrat keras seperti karang mati, karang hidup, pecahan karang, dan batuan (Zakaria et al., 2006). Perairan yang didominasi oleh makroalga epilitik juga dapat ditemukan di Taman Nasional Similajau,

Serawak (Zakaria et al., 2006), Teluk Kemang dan Teluk Pelanduk, Malaysia (Norashikin et al., 2013), Teluk Lampung (Handayani, 2017), dan Pesisir Selatan Garut, Jawa Barat (Handayani, 2019).

### **Korelasi antara Kualitas Perairan Terhadap Kelimpahan dan Keanekaragaman Makroalga**

Hasil analisa regresi linier berganda menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara tutupan lamun dan kualitas perairan terhadap kelimpahan makroalga, dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,5090. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,5090 menunjukkan bahwa tutupan lamun, temperatur, salinitas dan pH secara simultan berkontribusi sebesar 50,90% terhadap kelimpahan makroalga, sedangkan 49,10% kelimpahan makroalga dipengaruhi oleh faktor lain di luar parameter yang diukur.

Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,7579 antara tutupan lamun dan kualitas perairan terhadap keanekaragaman makroalga menunjukkan bahwa tutupan lamun, temperatur, salinitas dan pH secara simultan berkontribusi sebesar 75,79% terhadap keanekaragaman makroalga, sedangkan 24,21% keanekaragaman makroalga dipengaruhi oleh faktor lain di luar parameter yang diukur.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara tutupan lamun dan kualitas perairan, khususnya temperatur, salinitas, dan pH terhadap kelimpahan dan keanekaragaman makroalga di perairan Teluk Kendari dan sekitarnya. Arfah dan Patty (2016), juga menyatakan bahwa salinitas, temperature, dan pH berpengaruh terhadap keberadaan makroalga. Menurut Sjutun et al. (2015), temperatur dan salinitas umumnya merupakan faktor fisik utama yang berpengaruh terhadap kehadiran makroalga. Selain kualitas perairan, lamun juga berpengaruh terhadap kehadiran dan kelimpahan makroalga (Collado-Vides et al., 2007).

Tutupan lamun memberikan respon yang berbeda terhadap kelimpahan dan keanekaragaman makroalga. Tutupan lamun memberikan respon negatif terhadap kelimpahan. Semakin besar tutupan lamun, maka kelimpahan makroalga akan menurun. Hal ini terjadi karena adanya kompetisi antara makroalga dan lamun. Menurut Mocenni & Vicino (2006), kelimpahan makroalga akan menurun ketika kelimpahan dan tutupan lamun meningkat, dimana terjadi kompetisi terhadap nutrisi. Pendapat yang sama juga dikemukakan oleh Alexandre et al. (2017), bahwa terdapat kompetisi nutrisi antara makroalga dan lamun.

Tutupan lamun memberikan respon positif terhadap keanekaragaman makroalga. Lamun memang merupakan kompetitor bagi makroalga, tetapi lamun juga merupakan habitat tempat menempel (sebagai substrat) bagi makroalga. Hal tersebut menyebabkan keanekaragaman makroalga semakin meningkat dengan semakin meningkatnya populasi lamun dalam hal ini berupa meningkatnya tutupan lamun. Kombinasi substrat menentukan variasi spesies makroalga, dimana semakin kompleks substrat maka spesies makroalga semakin beragam (Melsasail et al., 2018). Beberapa spesies makroalga yang ditemukan bersifat epifit pada lamun antara lain: *Boergesenia forbesii*, *Chaetomorpha crassa*, *Cystoceira* sp., *Dictyota dichotoma*, *Canistrocarpus cervicornis*, *Padina australis*, dan *Amphiroa fragilissima*. Menurut Zakaria et al. (2006), makroalga dapat bersifat epifit dengan menjadikan lamun sebagai substrat untuk menempel.

Temperatur berpengaruh pada pertumbuhan makroalga. Menurut Charan et al. (2017), kenaikan temperatur hingga tingkat optimal (20-32°C) akan meningkatkan pertumbuhan dan kelimpahan makroalga. Selain itu, temperatur juga merupakan faktor pembatas distribusi geografi makroalga. pH merupakan faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan makroalga. Makroalga dapat tumbuh dengan baik pada pH 6-8,5. Pada pH kurang dari 6 atau lebih dari 8,5, pertumbuhan makroalga akan terhambat (Kadi, 2017).

Salinitas memberikan korelasi positif terhadap kelimpahan dan keanekaragaman makroalga. Menurut Kadi (2017), makroalga membutuhkan salinitas tinggi untuk pertumbuhan. Pada salinitas yang tinggi berpengaruh terhadap kelimpahan makroalga yang lebih tinggi dan pada salinitas rendah pertumbuhan makroalga akan terhambat dengan warna tallus yang lebih pucat. Pernyataan ini sependapat dengan Pereira et al. (2017), bahwa salinitas berpengaruh terhadap penyesuaian osmotik dan pengaturan tekanan turgor, sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup makroalga. Pada salinitas tinggi tetapi masih dalam batas toleransi (25-40 psu), makroalga mengalami peningkatan kelimpahan dan keanekaragamannya.

### **Kesimpulan**

Teluk Kendari dan sekitarnya memiliki 38 spesies makroalga. Makroalga yang ditemukan di Tanjung Tiram dan Lalow Aru memiliki kemiripan, begitu juga antara Tenunggeu dan Baaungkutoko. Teluk Kendari dan sekitarnya

memiliki keanekaragaman spesies dengan kategori rendah-sedang, kekayaan spesies yang rendah, pemerataan spesies dengan kategori sedang-tinggi, dan dominasi spesies dengan kategori rendah-sedang. Terdapat lima tipe *life form* makroalga yang ditemukan yaitu epilitik, epipitik, epizoik, rhizophitik, dan drift. Terdapat pola gradien keanekaragaman makroalga yang semakin menjauh dari Teluk Kendari. Tutupan lamun dan kualitas perairan khususnya temperatur, salinitas, dan pH berkontribusi terhadap kelimpahan dan keanekaragaman makroalga. Penambahan parameter kualitas perairan dalam analisa korelasi antara kualitas perairan terhadap keanekaragaman dan kelimpahan makroalga masih diperlukan untuk mengetahui seberapa besar kualitas perairan tersebut berpengaruh secara simultan terhadap keberadaan makroalga di suatu wilayah.

### Persantunan

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan monitoring kesehatan ekosistem terumbu karang dan ekosistem terkait pada program *Reef Health Monitoring* (RHM) - COREMAP CTI di Pusat Penelitian Oseanografi LIPI tahun 2016.

### Daftar Pustaka

- Alexandre, A., Baeta, A., Engelen, A. H., & Santos, R. (2017). Interactions between seagrasses and seaweeds during surge nitrogen acquisition determine interspecific competition. *Scientific Reports*, 7, 13651. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13962-4>
- Amsler, M. O., Huang, Y. M., Engl, W., McClintock, J. B., & Amsler, C. D. (2015). Abundance and diversity of gastropods associated with dominant subtidal macroalgae from the Western Antarctic Peninsula. *Polar Biology*, (38), 1171-1181. <https://doi.org/10.1007/s00300-015-1681-4>
- Anggadiredja J. T. (2017). Seaweed diversity and conservation on the warambadi seashore of Sumba Island: substrata and seasonal phenomenon. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2), 182-191. <https://doi.org/10.29122/jtl.v18i2.2032>
- Arfah, H., & Patty, S. I. (2016). Kualitas air dan komunitas makroalga di perairan pantai Jikumerasa, Pulau Buru. *Jurnal Ilmiah Platax* 4(2), 109-120. Retrieved from <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/platax/article/viewFile/14132/13706>
- Asriyana, Rahardjo, M. F., Sukimin, S., Batu, D. F. L., & Kartamihardja, E. S. (2009). Keanekaragaman ikan di perairan Teluk Kendari Sulawesi Tenggara. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 9(2), 97-112. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/329266709\\_Fish\\_Diversity\\_in\\_Kendari\\_Bay\\_Southeast\\_Sulawesi](https://www.researchgate.net/publication/329266709_Fish_Diversity_in_Kendari_Bay_Southeast_Sulawesi).
- Atmadja, W. S. & Sulistijo. (1988). Beberapa aspek vegetasi dan habitat tumbuhan laut bentik di Pulau-Pulau Seribu. Dalam: M. K. Mossa, D. P Praseno dan Sukarno. *Teluk Jakarta: Biologi, Budidaya, Oseanografi, Geologi dan Kondisi Perairan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI, Jakarta.
- Atmadja, W. S., Kadi, A., Sulistijo & Rachmaniar. (1996). *Pengenalan jenis-jenis rumput laut di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI, Jakarta: 191 pp.
- Atmadja, W. S. & Prud'homme van reine, W. F. (2014). *Checklist of the Seaweed Species Biodiversity of Indonesia with Distribution and Classification: Green Algae (Chlorophyta) and Brown Algae (Phaeophyceae, Ochrophyta)*. Natural Biodiversity Center and Indonesian Institute of Sciences (LIPI), Jakarta. 59 pp.
- Charan, H., N'Yeurt A. D. R., Iese, V., & Chopin, T. (2017). The effect of temperature on the growth of two pest seaweeds in Fiji. 2<sup>nd</sup> International Conference on Energy, Environment and Climate. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/319621172\\_The\\_effect\\_of\\_temperature\\_on\\_the\\_growth\\_of\\_two\\_pest\\_seaweeds\\_in\\_Fiji](https://www.researchgate.net/publication/319621172_The_effect_of_temperature_on_the_growth_of_two_pest_seaweeds_in_Fiji)
- Chaves, L. T. C., Pereira, P. H. C., & Feitosa, J. L. L. (2013). Coral reef fish association with macroalgal beds on a tropical reef system in North-eastern Brazil. *Marine and Freshwater Research*, 64(12), 1101-1111. <http://dx.doi.org/10.1071/MF13054>
- Chen, Y., Zou, R., Su, H., Bai, S., Faizullabhoj, M., Wu, Y. & Guo, H. (2017). Development of an integrated water quality and macroalgae simulation model for tidal marsh eutrophication control decision support. *Water* 9(4), 1-19. <https://doi.org/10.3390/w9040277>
- Chung, I. K., Beardall, J., Metha, S., Sahoo, D., & Stojkovic, S. (2011). Using marine macroalgae for carbon sequestration: a critical appraisal. *Journal of Applied Phycology*, 23, 877-886. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9604-9>

- Collado-Vides, L., Caccia, V. G., Boyer, J. N., & Fourqurean, J. W. (2017). Tropical seagrass-associated macroalgae distributions and trends relative to water quality. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 73, 680-694.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/191620451.pdf>
- Cordero, J. R. (1981). *Studies on Philippine marine red algae*. Smithsonian Inst. Univ. Stat. Nat. Museum. IV: 258 pp.
- Cribb, A. B. (1983). *Marine algae of the southern great barrier reef-Rhodophyta*. Watson Ferguson & Co. Brisbane: 173 pp.
- Dhargalkar, V. K. & Kavlekar, D. (2004). *Seaweeds – a Field Manual*. National Institute of Oceanography, Dona Paula, Goa. 42 pp.
- Draisma, S. G. A., Prud'homme van Reine, W. F. Herandarudewi, S. M. C., Hoeksema, B. W. (2018). Macroalgal diversity along an inshore-offshore environmental gradient in the Jakarta Bay – Thousand Islands reef complex, Indonesia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 200, 258-269.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.11.010>
- Filbee-Dexter, K. & Scheibling, R. E. (2014). Sea urchin barrens as alternative stable states of collapsed kelp ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 495, 1-25.  
<https://doi.org/10.3354/meps10573>
- Giakoumi, S., Cebrian, E., Kokkaris, G. D., Ballesteros, E., & Sala, E. (2012). Relationships between fish, sea urchins and macroalgae: the structure of shallow rocky sublittoral communities in the cyclades, Eastern Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 109, 1-10. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272771411002137>
- Guiry, M. D., & Guiry, G. M. (2020). 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., Widjaya, S., & Sugiarto, H. (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. (2017). Potensi makroalga di paparan terumbu karang perairan Teluk Lampung. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 2(1), 55–67.  
<https://doi.org/10.14203/oldi.2017.v2i1.15>
- Handayani, T. (2019). Macroalgae on the rocky shore of the Southern Coast of Garut, West Java, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 278.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/278/1/012030>
- Ido, I., Karim, J., & Yunarni. (2019). Analisis pemanfaatan ruang pesisir terhadap kondisi luas dan kerapatan vegetasi hutan mangrove di Teluk Kendari. *Physical and Social Geography Research Journal*, 1(1), 35-44. Retrieved from <http://ojs.uho.ac.id/index.php/PSGRJ/article/view/7848>
- Imchen, T. (2015). Substrate deposit effect on the characteristic of an intertidal macroalgal community. *Indian Journal of Geo-Marine Science*, 44(3), 333-338. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/305142966\\_Substrate\\_deposit\\_effect\\_on\\_the\\_characteristic\\_of\\_an\\_intertidal\\_macroalgal\\_community](https://www.researchgate.net/publication/305142966_Substrate_deposit_effect_on_the_characteristic_of_an_intertidal_macroalgal_community)
- Ira, Rahmadani, & Irawati, N. (2018). Komposisi jenis makroalga di perairan Pulau Hari Sulawesi Tenggara. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), 141–158.  
<http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v18i2.770>
- 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.
- Kadi, A. (2017). interaksi komunitas makroalga dengan lingkungan perairan Teluk Carita Pandeglang. *Biosfera*, 34(1), 32-38.  
<https://doi.org/10.20884/1.mib.2017.34.1.391>
- Kang, J. C., Choi, H. G., & Kim, M. S. (2011). Macroalgal species composition and seasonal variation in biomass on Udo, Jeju Island, Korea. *Algae*, 26(4), 333–342.  
<https://doi.org/10.4490/algae.2011.26.4.333>
- Lewmanomont, K. & Ogawa, H. (1995). *Common seaweeds and seagrasses of Thailand*. Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok: 164 pp.
- Limi M. A., Sara L., La Ola T., & Yunus L. (2017) Environmental changes and fishermanwelfare in coastal area of Kendari Bay. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 6(1), 20-25.

- <https://doi.org/10.11648/j.aff.20170601.13>  
Litaay, C. (2014). Sebaran dan keragaman komunitas makro algae di perairan Teluk Ambon. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(1), 131-142. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalikt/article/view/8636>.
- Magruder, W. H. & Hunt, J. W. (1979). *Seaweeds of Hawaii: a photographic identification guide*. Oriental Publishing Company, Hawaii: 116 pp.
- Melsasail, K., Awan, A., Papaliya, P. M., & Rumahlatu, D. (2018). The ecological structure of macroalgae community (seagrass) on various zones in coastal waters of Nusalaut Island, Central Maluku District, Indonesia. *AACL Bioflux*, 11(4), 957-966. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2018.957-966.pdf>
- Misra, J. N. (1966). *Phaeophyceae in India*. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi: 203 pp.
- Mocenni, C. & Vicino, A. (2006). Modelling ecological competition between seaweed and seagrass: a case study. 14<sup>th</sup> IFAC Symposium on System Identification, Newcastle, Australia. <https://doi.org/10.3182/20060329-3-AU-2901.00114>.
- Norashikin, A., Harah, Z. M., & Sidik, B. J. (2013). Intertidal seaweeds and their multi-life forms. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 8(3), 452-461. <http://dx.doi.org/10.3923/jfas.2013.452.461>
- Odum, E. P. (1998). *Dasar-dasar Ekologi: Terjemahan dari Fundamentals of Ecology*. Alih Bahasa Samingan, T. Edisi Ketiga. Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta. 697 pp.
- Okuda, K. (2008). Coastal environment and seaweed-bed ecology in Japan. *Kuroshio Science*, 2(1), 15-20. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/70354171.pdf>
- Pereira, D. T., Simioni, C., Filipin, E. P., Bouvie, F., Ramlov, F., Maraschin, M., Bouzon Z. L., & Schmidt, E. D. (2017). Effects of salinity on the physiology of the red macroalga, *Acanthophora spicifera* (Rhodophyta, Ceramiales). *Acta Botanica Brasilica*, 31(4), 555-565. <https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0059>
- Pramesti, R., Susanto, AB., Wilis, A. S., Ridlo, A., Subagiyo, & Oktavariis, Y. (2016). Struktur komunitas dan anatomi rumput laut di Teluk Awur, Jepara dan Pantai Krakal, Yogyakarta. *Jurnal Kelautan Tropis*, 19(2), 81-94. <https://doi.org/10.14710/jkt.v19i2.822>
- Prathep, A., Pongparadon, S., Darakrai, A., Wichachucherd, B., & Sinutok, S. (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. <http://rdo.psu.ac.th/sjst/journal/33-6/0125-3395-33-6-633-640.pdf>.
- Rachello-Dolmen, P. G., Cleary, D. F. R. (2007). Relating coral species traits to environmental conditions in Jakarta Bay/Pulau Seribu reef system, Indonesia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(3-4), 816-826. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.03.017>
- Rahmawati, S., Setiawan, A., Supriyadi, I. H., Azkab, M. H. (2014). *Panduan Monitoring Padang Lamun*. CRITC COREMAP CTI LIPI, Jakarta. 32 hal.
- Rigby, P. R., Iken, K. & Shirayama, Y. (2007). *Sampling Biodiversity in Coastal Communities: NaGISA Protocols for Seagrass and Macroalgal Habitats*. Kyoto University Press. 145 pp.
- Satheesh, S. & Wesley, S. G. (2012). Diversity and distribution of seaweeds in the Kudankulam coastal waters. South-Eastern coast of India. *Biodiversity Journal*, 3(1), 79-84. [http://www.biodiversityjournal.com/pdf/3\(1\)\\_79-84.pdf](http://www.biodiversityjournal.com/pdf/3(1)_79-84.pdf)
- Sondak, C. F. A. & Chung, I. K. (2015). Potential blue carbon from coastal ecosystems in the Republic of Korea. *Ocean Science Journal*, 50(1), 1-8. <http://dx.doi.org/10.1007/s12601-015-0001-9>
- Sondak, C. F. A., Ang Jr, P. O., Beardall, J., Bellgrove, A., Boo, S. M., Gerung, G. S., Hepburn, C. D., Hong, D. D., Hu, Z., Kawai, H., Largo, D., Lee, J. A., Lim, P., Mayakun, J., Nelson, W. A., Oak, J. H., Phang, S., Sahoo, D., Peerapornpis, Y., Yang, Y., & Chung, I. K. (2016). Carbon dioxide mitigation potential of seaweed aquaculture beds (SABs). *Journal of Applied Phycology*, 29, 2362-2373. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-1022-1>
- Talentino-Pablico, G., Bailly, N., Froese, R., & Elloran, C. (2007). Seaweeds preferred by herbivorous fishes. *Journal of Applied Phycology*, 20, 933-938. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9290-4>

- Trono, J. R. C. C. & Ganzonfortes, E. T. (1988). *Philippine seaweed*. Technology ND Livelihood Recourse Centre, Net. Book store Inc. Metro. Manila: 330 pp.
- Wei, T. L. & Chin, W. Y. (1983). *Seaweeds of Singapore*. Singapore University Press, Singapore: 123 pp.
- Wentworth, C.K. (1922). A scale of grade and class term for clastic sediment. *The Journal of Geology*, 30(5), 337-392. <https://doi.org/10.1086/622910>
- Williams, S. L. & 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. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095543>
- Zakaria, M. H., Bujang, J. S., Amit, R., Awing, S. A. & Ogawa, H. (2006). Marine macrophytes: macroalgae species and life forms from Golden Beach, Similajau National Park, Bintulu, Sarawak, Malaysia. *Coastal Marine Science* 30(1): 243-246. [https://www.researchgate.net/publication/29769967\\_Marine\\_macrophytes\\_Macroalgae\\_species\\_and\\_life\\_forms\\_from\\_Golden\\_Beach\\_Similajau\\_National\\_Park\\_Bintulu\\_Sarawak\\_Malaysia](https://www.researchgate.net/publication/29769967_Marine_macrophytes_Macroalgae_species_and_life_forms_from_Golden_Beach_Similajau_National_Park_Bintulu_Sarawak_Malaysia)