

**PENGARUH *GRAZING* IKAN HERBIVORA TERHADAP DINAMIKA
TUTUPAN ALGA PADA TERUMBU KARANG DENGAN KONDISI
RUSAK DI PERAIRAN PULAU BARRANGLOMPO, MAKASSAR**

SKRIPSI

DEBBY PEBRIYANI



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**PENGARUH *GRAZING* IKAN HERBIVORA TERHADAP DINAMIKA
TUTUPAN ALGA PADA TERUMBU KARANG DENGAN KONDISI
RUSAK DI PERAIRAN PULAU BARRANGLOMPO, MAKASSAR**

DEBBY PEBRIYANI

L011 17 1023

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH *GRAZING* IKAN HERBIVORA TERHADAP DINAMIKA TUTUPAN ALGA
PADA TERUMBU KARANG DENGAN KONDISI RUSAK DI PERAIRAN PULAU
BARRANGLOMPO, MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh

DEBBY PEBRIYANI
L011 17 1023

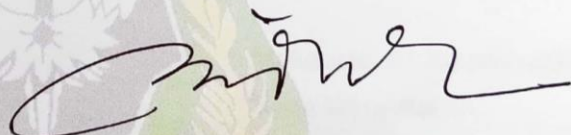
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 21 Juli 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Prof. Dr. Ir. Chair Rani, M.Si
NIP: 19680402 199202 1 001


Dr. Ir. Aidah A. Ala Husain, M.Sc
NIP: 19670817 199103 2 005

Mengetahui,

Ketua Program Studi Ilmu Kelautan



Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc. Stud
NIP: 19690706 199512 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Debby Pebriyani
NIM : L011 17 1023
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul:

“Pengaruh *Grazing* Ikan Herbivora terhadap Dinamika Tutupan Alga pada Terumbu Karang dengan Kondisi Rusak di Perairan Pulau Barranglompo, Makassar”

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 01 Agustus 2022

Yang Menyatakan,



Debby Pebriyani
NIM: L011 17 1023

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Debby Pebriyani
NIM : L011 17 1023
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi skripsi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai *author* dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan skripsi) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan skripsi ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasinya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikuti.

Makassar, 01 Agustus 2022

Mengetahui,
Ketua Program Studi Ilmu Kelautan



Dr. Khairul Anri, ST., M.Sc.Stud
NIP. 19690706 199512 1 002

Penulis,

A handwritten signature in black ink that reads 'Debby'.

Debby Pebriyani
NIM: L011 17 1023

ABSTRAK

Debby Pebriyani. L011171023. "Pengaruh *Grazing* Ikan Herbivora terhadap Dinamika Tutupan Alga pada Terumbu Karang dengan Kondisi Rusak di Perairan Pulau Barranglombo, Makassar". Dibimbing oleh **Chair Rani** sebagai Pembimbing Utama dan **Aidah A. Ala Husain** sebagai Pembimbing Anggota.

Tujuan penelitian ini adalah: 1) Mengetahui kondisi lingkungan di perairan Pulau Barranglombo; 2) Mengetahui struktur komunitas ikan karang herbivora; 3) Menganalisis pengaruh kehadiran ikan karang herbivora terhadap dinamika tutupan alga pada terumbu karang dengan kondisi rusak; dan 4) Menganalisis keterkaitan dinamika tutupan makroalga dengan kehadiran ikan karang herbivora dan faktor lingkungan. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimental menggunakan kurungan jaring untuk melihat dinamika tutupan alga dan laju *grazing* ikan karang herbivora selama 2 bulan dalam 4 waktu pengamatan. Perlakuan yang diberikan terdiri atas 2 kondisi kurungan yaitu, kurungan tertutup dan kurungan terbuka dengan ukuran 100x100x15 cm³ masing-masing sebanyak 5 unit eksperimen yang ditempatkan pada substrat karang mati atau patahan karang mati yang telah ditumbuhi alga. Pengambilan data ikan karang dilakukan menggunakan metode sensus visual, sedangkan pengukuran dinamika tutupan alga dilakukan dengan metode *monitoring photography* yang kemudian dianalisis menggunakan *software* PhotoQuad_V1. Hasil penelitian yang diperoleh adalah kondisi lingkungan di perairan Pulau Barranglombo meliputi parameter suhu, salinitas, pH, serta kandungan fosfat dan nitrat telah melebihi standar baku mutu KepMen LH No. 51 Tahun 2004, sedangkan nilai kekeruhan masih sesuai kriteria. Ikan karang herbivora yang ditemukan sebanyak 9 jenis, terdiri dari 1 jenis famili Acanthuridae dan 8 jenis famili Scaridae. Komposisi jenis terbanyak didominasi oleh jenis *Ctenochaetus striatus*, *S. niger*, *S. ghobban* dan *S. hypselopterus*. Jumlah jenis ikan karang herbivora diperoleh berkisar 1–3 jenis dengan kepadatan berkisar 2–6 ind/m² yang termasuk dalam kategori sedang sampai dengan baik, meskipun hasil analisis statistik tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antara jumlah jenis dan kepadatan berdasarkan waktu pengamatan. Selain itu, kehadiran ikan karang herbivora pada terumbu karang tidak memberi pengaruh dalam mengontrol pertumbuhan alga yang dibuktikan dengan tidak adanya perbedaan yang nyata antara area yang dikurung (tidak ada *grazing*) dan yang terbuka (ada *grazing*) terhadap nilai tutupan makroalga. Adapun keterkaitan antara aktivitas *grazing* 9 jenis ikan karang herbivora menunjukkan pola hubungan yang positif dan negatif. Ikan karang herbivora jenis *C. sordidus*, *C. bowersi*, *S. niger* dan *S. quoyi* ditemukan pada tutupan alga yang rendah, sedangkan pada tutupan alga yang tinggi ditemukan ikan karang herbivora jenis *S. frenatus* dan *S. rivulatus* dengan kategori korelasi lemah sampai dengan sangat lemah.

Kata kunci: *grazing*, ikan karang herbivora, makroalga, Pulau Barranglombo.

ABSTRACT

Debby Pebriyani. L011171023. "The Grazing Effect of Herbivorous Fish on the Dynamics Algae Cover on Coral Reefs with Damaged Condition in Barranglompo Island, Makassar". supervised by **Chair Rani** as the principal supervisor and **Aidah A. Ala Husain** as the co-supervisor.

The purpose of this research is: 1) to know the environmental conditions in the waters of Barranglompo Island; 2) Knowing the community structure of herbivorous fish; 3) Analyzing the effect of the presence of herbivorous fish on the dynamics of algae cover on coral reefs with damaged conditions; and 4) Analyzing the relationship between macroalgae cover dynamics and the presence of herbivorous fish and environmental factors. This research was conducted with an experimental approach using net cages to see the dynamics of algae cover and the rate of grazing of herbivorous fish on coral reefs for 2 months in 4 observations. The treatment consisted of 2 confinement conditions, namely, closed confinement and open confinement with a cage size of 100x100x15 cm³ as many as 5 experimental units placed on dead or broken coral substrates. dead coral that has been overgrown with algae. Reef fish data collection was carried out using the visual census method. Meanwhile, the dynamics of algae cover was measured using a photographic monitoring method which was then analyzed using PhotoQuad_V1 software. The result of this research is that the environmental conditions in the waters of Barranglompo Island include parameters of temperature, salinity, pH, and the content of phosphate and nitrate has exceeded the quality standard of Minister of Environment Decree No. 51 of 2004, while the turbidity value is still in accordance with the criteria. There were 9 species of herbivorous fish, consisting of 1 type of family Acanthuridae and 8 species of family Scaridae. The species composition was dominated by *Ctenochaetus striatus*, *S. niger*, *S. ghobban* and *S. hypselopterus*. The number of herbivorous fish species obtained ranged from 1–3 species with herbivorous fish density ranging from 2–6 ind/m² which was included in the moderate to good category, although the results of statistical analysis did not show a significant difference between the number of species and the density based on the time of observation. In addition, the presence of herbivorous fish on coral reefs had no effect on controlling algae growth as evidenced by the absence of a significant difference between confined (no grazing) and open (grazing) areas on the value of macroalgae cover. The relationship between the grazing activities of 9 types of herbivorous fish showed a positive and negative relationship pattern, the herbivorous fish species *C. sordidus*, *C. bowersi*, *S. niger* and *S. quoyi* were found at low algae cover, while at high algae cover were found herbivorous fish species. *S. frenatus* and *S. rivulatus* with weak to very weak correlation categories.

Keyword: *grazing, herbivorous fish, makroalgae, Barranglompo Island.*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu (S1) pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Penulisan skripsi yang berjudul “Pengaruh *Grazing* Ikan Herbivora terhadap Dinamika Tutupan Alga pada Terumbu Karang dengan Kondisi Rusak di Perairan Pulau Barranglompo, Makassar” tidak lain untuk memberikan informasi kepada pembaca terkait pengaruh *grazing* ikan karang herbivora terhadap dinamika alga dan perannya dalam pemulihan karang pada ekosistem terumbu karang.

Melalui skripsi ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya sebagai bentuk penghargaan dan penghormatan kepada pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan, bantuan, dukungan serta doa selama melakukan penelitian dan penyelesaian skripsi. Ucapan ini penulis berikan kepada:

1. Orang tua Ayahanda Dengik dan Ibunda Yunyun Supriatini, serta saudara-saudari saya Muhammad Sofyan, Rizka Enarti Amalia dan Delfin Fakhruddin yang telah memberikan cinta kasih atas dukungan moral dan moril serta do'a yang tiada henti.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Chair Rani, M.Si. dan Ibu Dr. Ir. Aidah A. Ala Husain, M.Sc. selaku pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan penulis demi kesempurnaan dan penyelesaian skripsi.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Budimawan, DEA. dan Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan tanggapan, saran dan arahan dalam penyelesaian skripsi.
4. Bapak Safruddin, S.Pi., M.P., PH.D. selaku Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
5. Bapak Dr. Khairul Amri, ST, M.Sc.Stud. selaku Ketua Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
6. Bapak Dr. Supriadi, ST. M.Si. selaku Dosen Penasehat Akademik yang telah memberikan banyak ilmu, nasehat, arahan, perhatian selama menjadi Mahasiswa.
7. Seluruh Dosen dan Civitas Akademik Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan dan membantu penulis dalam mengurus administrasi.
8. Rekan seperjuangan dan tim peneliti Zakiah Wahdania S., Aksel Willyam Reynaldi Pangadongan, Muh. Fahmi Djunaid Ashari, Muh. Syahrul, Rahmat Hidayat, Esys

- Agiel Hidayat, Suandar, Muh. Rizky Shaleh, Ira Nirwana, Agung Asnur, Yusril, Ramadhan, Muh. Al-Amin, kak Ahmad Sahlan Ridwan, kak Syamsu Rizal dan Fikram Pradana yang telah membantu pengambilan data di lapangan.
9. Keluarga Besar Marine Science Diving Club Universitas Hasanuddin dan Keluarga Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan yang telah memberikan banyak ilmu, pelajaran, pengetahuan, pengalaman dan kebersamaan.
 10. Teman-teman seperjuangan Rihul Janna, Nanda Nadyatami Palilati, St. Madina, Haslina, Rosita dan Selviana yang telah berbagi tugas, cerita dan memberi tumpangan kos semasa kuliah.
 11. Teman-teman KLASATAS (Kelautan Unhas Angkatan 2017) yang telah menemani, kebersamai penulis tumbuh, berkembang dan memberikan warna semasa kuliah.
 12. Teman-teman Anggota Muda XVIII dan Diklat 28 MSDC-UH yang sama-sama berjuang dalam mempelajari ilmu penyelaman.
 13. Teman-teman KKN Tematik Gel. 104 Posko Gowa 4, yang telah memberikan dan membagikan pengalaman hidup sosial kepada penulis.
 14. Teman-teman Kampus Mengajar *batch* 2 Tim SD Inpres Samaya, yang telah memberikan dan membagikan pengalaman mengajar kepada penulis.
 15. Terakhir untuk setiap nama yang tidak dapat dicantumkan satu persatu, terima kasih atas dukungan dan doa yang senantiasa mengalir kepada penulis.

Terima kasih sebanyak-banyaknya kepada orang-orang yang turut bersuka cita atas keberhasilan penulis menyelesaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat dan semoga Allah SWT membalas semua bentuk kebaikan dan ketulusan yang telah diberikan.

Makassar, 01 Agustus 2022



Debby Pebriyani

RIWAYAT HIDUP



Debby Pebriyani lahir di Kota Makassar pada 15 Februari 1999, merupakan anak kedua dari pasangan Ayahanda Dengik dan Ibunda Yunyun Supriatini. Penulis menyelesaikan Pendidikan Dasar di SDN Centre Mangalli pada tahun 2011, menamatkan sekolah di SMP Negeri 1 Pallangga pada tahun 2014 dan tahun 2017 di SMA Negeri 1 Pallangga. Penulis diterima sebagai mahasiswa di Universitas Hasanuddin Makassar, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Program Studi Ilmu Kelautan pada tahun 2017 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif menjadi asisten laboratorium pada mata kuliah Botani Laut dan Oseanografi Kimia. Penulis juga aktif di bidang kelembagaan intra kampus di antaranya anggota KEMAJIK FIKP-UH, Sekretaris MSDC-UH Periode 2019–2020, Kordinator Penelitian dan Pengembangan MSDC-UH Periode 2020–2021, serta Dewan Pertimbangan Organisasi MSDC-UH Periode 2021–2022. Penulis pernah mengikuti beberapa pelatihan seperti Latihan Kepemimpinan Tingkat I, Pendidikan dan Pelatihan Selam Bintang I (*One Star Scuba Diver*) CMAS-POSSI, dan Pelatihan Metode Pemantauan Terumbu Karang MSDC–UH. Selain itu penulis juga menjadi peserta penyelaman dan penanaman terumbu karang kebangsaan Garuda di Lautku tahun 2020 dan mengikuti program Kampus Mengajar angkatan 2 tahun 2021.

Penulis melakukan rangkaian tugas akhir yaitu Kuliah Kerja Nyata Tematik Gel. 104 di Desa Jenetallasa, Kecamatan Pallangga, Kabupaten Gowa. Sedangkan untuk memperoleh gelar sarjana Ilmu Kelautan penulis melakukan penelitian di Pulau Barranglompo, Kecamatan Sangkarrang, Kota Makassar, dengan judul "*Pengaruh Grazing Ikan Herbivora terhadap Dinamika Tutupan Alga pada Terumbu Karang dengan Kondisi Rusak di Perairan Pulau Barranglompo, Makassar*" pada tahun 2022 di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Chair Rani, M.Si. dan Dr. Ir. Aidah A Ala Husain, M.Sc.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
PERNYATAAN AUTHORSHIP	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
RIWAYAT HIDUP	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dan Kegunaan	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Ikan Karang Herbivora.....	3
B. <i>Grazing</i> Ikan Herbivora di Terumbu Karang.....	5
C. Alga pada Ekosistem Terumbu Karang	7
D. Hubungan Komunitas Ikan Herbivora, Alga dan Terumbu Karang.....	9
E. Faktor Lingkungan dan Makroalga di Terumbu Karang	11
III. METODE PENELITIAN	14
A. Waktu dan Tempat	14
B. Alat dan Bahan.....	14
C. Prosedur Penelitian	15
1. Tahap Persiapan.....	15
2. Pemilihan Lokasi Pengamatan.....	15
3. Desain Penelitian	16
4. Tahap Pengambilan Data	17
5. Analisis Data	21
IV. HASIL	23
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	23
B. Kondisi Perairan Pulau Barranglompo	24
C. Struktur Komunitas Ikan Karang Herbivora.....	25
D. Dinamika Tutupan Alga	28

E.	Pengaruh Kehadiran Ikan Karang Herbivora terhadap Tutupan Alga.....	30
F.	Keterkaitan antara Dinamika Tutupan Alga dengan Kehadiran Ikan Karang Herbivora dan Faktor Lingkungan.....	30
V.	PEMBAHASAN	33
A.	Kondisi Lingkungan Perairan Pulau Barranglompo.....	33
B.	Struktur Komunitas Ikan Karang Herbivora.....	35
C.	Dinamika Tutupan Alga	36
D.	Pengaruh Kehadiran Ikan Karang Herbivora terhadap Tutupan Alga.....	37
E.	Keterkaitan antara Dinamika Tutupan Alga dengan Kehadiran Ikan Karang Herbivora dan Faktor Lingkungan.....	39
VI.	PENUTUP	42
A.	Simpulan	42
B.	Saran.....	42
	DAFTAR PUSTAKA	43
	LAMPIRAN	47

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Kelompok <i>scraper</i> : <i>Scarus flavipectoralis</i> (kiri), Kelompok <i>excavator</i> : <i>Bolbometopon muricatum</i> (kanan). Foto: G. Allen & R. Hamilton (sumber: Green & Bellwood, 2009).....	6
2. Bekas gigitan ikan kakatua <i>Sparisoma amplum</i> (a dan b), dan <i>Scarus trispinosus</i> (c dan d) pada karang <i>Montastrea cavernosa</i> (atas) dan <i>Siderastrea</i> spp. (bawah) (sumber: Francini-Filho <i>et al.</i> , 2008 dalam Husain, 2012).	6
3. Kelompok <i>grazers</i> : <i>Acanthurus triostegus</i> (kiri), Kelompok <i>grazer/detritivore</i> : <i>Acanthurus nigricauda</i> (kanan). Foto: G. Allen (sumber: Green & Bellwood, 2009)..	7
4. Kelompok <i>browsers</i> : <i>Naso unicornis</i> (kiri), <i>Platax teira</i> (kanan). Foto: A. Hoey & G. Allen (sumber: Green & Bellwood, 2009).	7
5. Klasifikasi makroalga; (a) Alga filamen: <i>turf algae</i> (1 cm); (b) Makroalga coklat: <i>fleshy algae</i> ; (c) Alga merah: CCA (<i>Crustose Coraline Algae</i>) (sumber: Diaz-Pulido & McCook, 2008).	9
6. Diagram <i>Relative Dominance Model</i> ; a) kondisi alam; b) kondisi eksperimental (Littler & Littler, 1984; Littler & Littler, 2006).....	10
7. Peta lokasi pengamatan di perairan Pulau Barranglompo, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan.....	14
8. Skema penempatan kurungan secara acak.	16
9. Desain kurungan jaring; a) perlakuan 1 (kontrol/tertutup), tidak terjadi pemangsaan hewan herbivora, b) perlakuan 2 (terbuka), terdapat <i>grazing</i> ikan karang herbivora.	16
10. Kategori dan persentase tutupan substrat dasar (English <i>et al.</i> , 1994).....	17
11. Persentase tutupan substrat di Pulau Barranglompo.....	24
12. Komposisi jenis ikan karang herbivora Pulau Barranglompo.	26
13. Ikan karang herbivora yang ditemukan di daerah pengamatan (sumber: Kuitert & Tonzuka, 2001).	27
14. Jumlah jenis ikan karang herbivora Pulau Barranglompo. Simbol (ns) menandakan tidak ada perbedaan yang nyata berdasarkan analisis <i>One-Way Anova</i> pada alpha 5%.	28
15. Kepadatan dan status kondisi ikan karang herbivora Pulau Barranglompo. Simbol (ns) menandakan tidak ada perbedaan kepadatan ikan karang herbivora dalam 4 waktu pengamatan tutupan alga berdasarkan analisis <i>One-Way Anova</i> pada alpha 5%.	28
16. Dinamika tutupan alga Pulau Barranglompo.	29
17. Contoh kisi perubahan tutupan alga di setiap waktu pengamatan berdasarkan analisis PhotoQuad_V1.....	29
18. Pengaruh kehadiran ikan karang herbivora terhadap dinamika tutupan alga Pulau Barranglompo. Simbol (ns) menandakan tidak ada perbedaan antara perlakuan kurungan dengan kehadiran ikan karang herbivora terhadap waktu pengamatan berdasarkan analisis <i>t-student</i> pada alpha 5%.	30

19. Kaitan parameter lingkungan, tutupan alga serta kehadiran ikan karang herbivora pada 4 waktu pengamatan berdasarkan hasil analisis komponen utama (PCA)..... 31
20. Regresi linear sederhana antara kepadatan ikan karang herbivora dengan persentase tutupan alga..... 32

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1.	Status kepadatan ikan karang herbivora (McMellor, 2007)..... 21
2.	Status tutupan makroalga untuk kondisi terumbu karang (McMellor, 2007)..... 22
3.	Hasil pengukuran parameter oseanografi perairan Pulau Barranglompo..... 24
4.	Komposisi jenis ikan karang herbivora berdasarkan jumlah individu pada setiap waktu pengamatan..... 26
5.	Persamaan regresi jenis ikan karang herbivora terhadap tutupan alga. 32

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1.	Parameter oseanografi pada setiap waktu pengamatan..... 47
2.	Hasil uji statistik kepadatan dan jumlah jenis ikan karang herbivora dengan menggunakan uji <i>One-Way Anova</i> 48
3.	Hasil uji statistik pengaruh kehadiran ikan karang herbivora terhadap dinamika tutupan alga Pulau Barranglompo menggunakan uji <i>t-student</i> 49
4.	Hasil analisis regresi linear sederhana 50
5.	Hasil analisis PCA kehadiran ikan karang herbivora dengan dinamika tutupan alga dan parameter lingkungan..... 54

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ekosistem terumbu karang yang berada di pesisir dan pulau-pulau kecil menjadi ekosistem yang rentan terhadap pengaruh pencemaran dari daratan, khususnya pengaruh eutrofikasi yang memicu perubahan komunitas dari karang menjadi alga bentik. Peningkatan nutrisi dan kelimpahan hewan *filter feeders* akan mempercepat pertumbuhan makroalga (Rani *et al.*, 2014). Selain itu, penurunan populasi hewan herbivora juga menjadi penyebab meningkatnya kelimpahan alga dan semakin kompetitif persaingan ruang antara alga dan karang (Jompa & McCook, 2002).

Interaksi antara alga dan karang merupakan hal terpenting dari proses ekologi sebagai salah satu sumber produsen primer sebagian besar hewan herbivora pada ekosistem terumbu karang. Namun, makroalga juga menjadi pesaing utama dalam memperebutkan ruang dengan karang dan dapat mengubah keseimbangan terumbu karang pada saat kehadirannya mendominasi. Pertumbuhan alga tergolong sangat cepat sehingga dapat digunakan sebagai indikator yang memengaruhi populasi dan komunitas terumbu karang (Faizal *et al.*, 2012; Maududi & Luthfi, 2018).

Dalam kaitannya dengan makroalga di ekosistem terumbu karang, ikan karang herbivora menjadi faktor utama yang berpengaruh terhadap perubahan komunitas ekosistem tersebut (Faizal *et al.*, 2012). Ikan karang herbivora merupakan komponen pengendali utama pertumbuhan makroalga dengan peran fungsional sebagai konsumen langsung. Aktivitas *grazing* dari ikan karang herbivora sangat penting dalam penciptaan ruang terbuka bagi karang untuk menetap dan meningkatkan rekrutmen dengan membuat tutupan alga berkurang (Davies *et al.*, 2013; Frimanozi *et al.*, 2019). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Husain (2012) dimana ikan karang herbivora kelompok *scraper* mampu mengontrol dinamika alga bentik kelompok *epilithic algae matrix*, sementara kelompok *grazer* mampu mengontrol alga bentik kelompok makroalga. Selain itu, Husain *et al.* (2013) mengungkapkan bahwa komposisi ikan karang herbivora dapat mengontrol keberadaan sebaran alga dalam resiliensi terumbu karang.

Pulau Barranglompo merupakan salah satu pulau di Kepulauan Spermonde dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi. Besarnya jumlah penduduk sebanding dengan pengaruh antropogenik yang diberikan terhadap ekosistem terumbu karang di perairan pulau tersebut, terutama peningkatan suplai nutrisi dan kondisi ikan herbivora (Hendra, 2014). Meskipun hasil penelitian Faizal *et al.* (2011) menyatakan bahwa Pulau Barranglompo memiliki *crustose coralline algae* yang tinggi dan menandakan bahwa lokasi tersebut belum mengalami eutrofikasi, namun tutupan alga dalam bentuk alga filamen dan *fleshy* makroalga juga sudah banyak ditemukan.

Oleh karena itu, untuk melihat peran ikan karang herbivora dalam mengendalikan kehadiran alga pada ekosistem terumbu karang dapat dilakukan dengan penelitian eksperimental tentang pengaruh *grazing* ikan herbivora terhadap dinamika tutupan alga di terumbu karang dengan kondisi rusak di perairan Pulau Barranglompo, Makassar.

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kondisi lingkungan dari perairan Pulau Barranglompo.
2. Mengetahui struktur komunitas ikan herbivora pada terumbu karang dengan kondisi rusak.
3. Menganalisis pengaruh kehadiran ikan herbivora terhadap dinamika tutupan alga pada terumbu karang dengan kondisi rusak.
4. Menganalisis keterkaitan dinamika tutupan makroalga dengan kehadiran ikan karang herbivora dan faktor lingkungan.

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai informasi mengenai pengaruh *grazing* ikan karang herbivora terhadap dinamika alga dan peran ikan herbivora dalam pemulihan karang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Ikan Karang Herbivora

Ikan karang adalah ikan yang hidup berasosiasi dengan terumbu karang sebagai habitat, tempat untuk mencari makan, berlindung, memijah dan tempat asuhan. Ikan karang umumnya berukuran kecil dengan ukuran mayoritas terbesar rata-rata mencapai 30 cm. Ikan karang dapat dijumpai dalam keadaan berkelompok, berpasangan ataupun menyendiri, dan sebagian besar jenis ikan karang bersifat mempertahankan daerahnya (*territorial*) untuk kepentingan pasokan makanan, tempat tinggal atau untuk daerah pemijahan dan pembesaran anak (Lieske & Myers, 1996).

Dilihat dari aspek biologi dan perilakunya yang dapat berpindah-pindah, ikan karang dapat dijadikan tolak ukur untuk melihat tingkat kesesuaian habitatnya. Ikan dapat memilih habitat sesuai kehidupannya sehingga kehadiran atau ketidakhadiran jenis-jenis tertentu di suatu area terumbu karang merupakan petunjuk yang akurat mengenai kondisi kesehatan ekosistem tersebut (Giyanto *et al.*, 2017).

Ikan karang merupakan komunitas terbesar yang memiliki hubungan erat dan berperan sebagai penyokong hubungan bioekologis pada ekosistem terumbu karang. Ikan karang khususnya kelompok herbivora termasuk salah satu komponen pengendali struktur komunitas dan sebagai konsumen langsung dari produsen primer (Burkepile & Hay, 2011). Meskipun memiliki proporsi yang kecil dalam memakan alga tetapi dengan kelimpahan yang besar dapat mengendalikan alga secara signifikan sehingga dapat memfasilitasi rekrutmen, pertumbuhan, sintasan dan ketahanan terumbu (Damhudy, 2009; Atjo & Nur, 2018; Frimanozi *et al.*, 2019).

Ikan karang herbivora mempunyai tiga peranan penting pada ekosistem terumbu karang. Pertama, sebagai konsumen dari produsen, ikan karang herbivora merupakan penghubung antara aliran energi yang berasal dari produsen ke konsumen tingkat 2 (karnivora). Kedua, ikan karang herbivora memengaruhi penyebaran, ukuran, komposisi bahkan pertumbuhan dari alga pada ekosistem terumbu karang. Komposisi dan struktur dari alga yang berasosiasi dengan terumbu karang digambarkan melalui konteks aktivitas herbivora. Pemangsaan oleh ikan karang herbivora (*grazing*) secara substansi mengubah alga yang ada di terumbu, dimana hal ini memberikan pengaruh positif maupun negatif pada karang. Ketiga, interaksi antara ikan-ikan karang herbivora merupakan alat dalam model demografi dan perilaku ikan terumbu secara keseluruhan (Choat, 1991).

Green & Bellwood (2009) menyebutkan bahwa terumbu karang yang terletak di Indo-Pasifik didominasi oleh ikan-ikan karang herbivora terutama dari famili:

1. Acanthuridae

Famili Acanthuridae terdiri atas 2 subfamili, 6 genera, dan 80 spesies. Subfamili

Nasinae (*unicornfishes*) memiliki 1 genera yaitu *Naso*. Sedangkan subfamili Acanthuridae memiliki 64 spesies yang tergolong ke dalam genera *Acanthurus*, *Ctenochaetus*, *Paracanthus*, *Prionurus* dan *Zebrasoma* (Nelson, 2006).

Famili Acanthuridae disebut dengan istilah ikan *surgeonfish*, botana, maum, marukut dan kulit pasir. Ikan ini mempunyai duri tajam yang berbentuk seperti pisau bedah pada tiap sisi dasar sirip ekor. Ikan ini termasuk golongan ikan herbivora dengan memakan alga yang menutupi karang (Randall *et al.*, 1990). Banyak spesies ikan Acanthuridae, termasuk semua spesies *Zebrasoma* dan *Acanthurus* merupakan kategori *grazer/detritivore* yang mengkonsumsi alga kelompok *epilithic algae matrix*, sedimen dan beberapa material hewan, dimana perilaku makan mereka tidak mengikis atau menggali substrat karang ketika sedang makan (Husain, 2012).

2. Scaridae

Famili Scaridae memiliki 88 spesies yang tergolong ke dalam 10 genera yaitu *Bolbometopon*, *Calotomus*, *Cetoscarus*, *Chlorurus*, *Cryptotomus*, *Hipposcarus*, *Leptoscarus*, *Nicholsina*, *Scarus* dan *Sparisoma* (Nelson, 2006).

Scaridae dikenal sebagai *parrotfish* atau ikan kakatua. Ikan ini memiliki bentuk tubuh lonjong dan agak pipih, corak sisik beragam serta hidup secara berkelompok. Ikan berukuran kecil (*juvenile*) banyak ditemukan hidup di daerah padang lamun, sedangkan ikan berukuran dewasa hidup di daerah terumbu karang pada kedalaman yang bervariasi. Makanan utamanya adalah alga yang menempel pada karang mati. Sebagian besar ikan kakatua, yang meliputi hampir semua spesies dari *Hipposcarus* dan *Scarus* menggigit tanpa menggali namun menghilangkan alga, sedimen dan material lainnya dengan menggaruk permukaan karang, dan meninggalkan bekas goresan yang dangkal di substrat terumbu (Husain, 2012). Ikan ini biasanya memakan alga dari substrat karang dengan mengunyah batu karang beserta alga serta membentuk pasir karang. Hal ini membuat *parrotfish* menjadi salah satu produsen pasir penting dalam ekosistem terumbu karang (Randall *et al.*, 1990).

3. Siganidae

Famili Siganidae hanya memiliki satu genera yaitu *Siganus* dengan 2 subgenera yaitu *Siganus* terdiri atas 22 spesies, dan *Lo* terdiri atas 5 spesies. Kebanyakan Siganidae bersifat herbivora (Nelson, 2006).

Ikan ini disebut dengan istilah *rabbit fish*, baronang, cabe, lingkis, dan samadar. Tubuhnya lebar dan pipih ditutupi sisik yang halus. Warnanya bervariasi, pada punggung terdapat bintik-bintik putih, cokelat, kelabu dan keemasan. Duri-duri siripnya berbisa dan beracun yang menyebabkan perih bila tertusuk durinya. Ukuran tubuhnya berkisar 30–45 cm. Makanan umumnya rumput laut dan alga (Yulianda *et al.*, 2010).

Hampir semua ikan baronang (kecuali *Siganus canaliculatus* dan *S. lineatus*) merupakan kelompok *grazers*, dimana mereka tidak mengikis atau menggali substrat karang ketika sedang makan (Husain, 2012).

4. Ehippidae

Famili Ehippidae yang umum dijumpai adalah dari genus *Platax*. Ikan ini memiliki dua fase bentuk tubuh bergantung pada fase hidupnya. Pada fase juvenil, ikan ini memiliki sirip punggung, perut, dan dada yang terlampau panjang, dengan garis-garis gelap yang terlihat sangat jelas. Menjelang dewasa, sirip ikan ini akan perlahan-lahan memendek dan bentuk tubuhnya menjadi membulat, hampir seperti cakram. Sebagian besar makanan ikan ini adalah alga, rumput laut dan lamun, namun ikan ini juga memakan ikan kecil dan invertebrata (Data Mata Samudra, 2019).

B. *Grazing* Ikan Herbivora di Terumbu Karang

Grazing adalah proses atau kegiatan hewan herbivora mengonsumsi bagian tubuh tanaman, dimana tanaman tidak mati akibat kegiatan tersebut. Pada ekosistem terumbu karang, hewan herbivora merupakan komponen pengendali utama pertumbuhan makroalga. Ikan-ikan karang herbivora merupakan pelaku utama dari *grazer*, disamping bulu babi (Echinoidae) (Bachtiar, 2008).

Aktivitas *grazing* oleh herbivora merupakan salah satu proses ekologi yang paling penting dan meluas sehingga memengaruhi produktivitas makroalga secara distribusi, kelimpahan dan komposisinya. Sebagian besar *grazing* herbivora hanya menghilangkan bagian dari jaringan alga, yang membuat regenerasi alga lebih cepat di masa mendatang. Efek dari *grazing* alga tergantung pada kelompok fungsional, karakteristik alga dan hewan herbivora yang terlibat. Sebagai contoh, *fleshy algae* umumnya lebih rentan untuk dimakan ikan daripada *crustose coralline algae*, meskipun *fleshy algae* mengandung banyak senyawa kimia yang mencegah ikan memakannya, akan tetapi tidak berlaku bagi hewan invertebrata seperti siput laut (Diaz-Pulido & McCook, 2008).

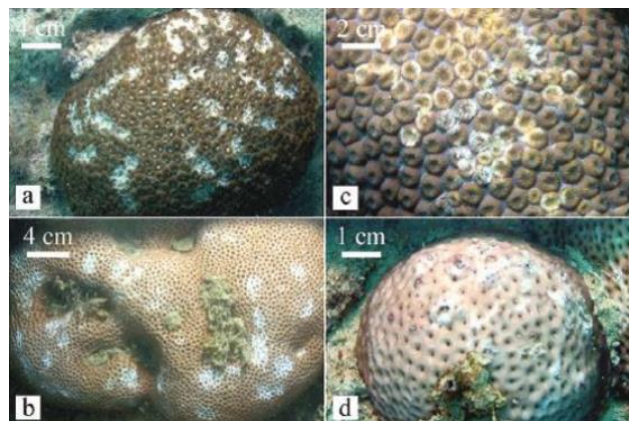
Alga dan karang merupakan biota yang menempel di substrat sehingga keduanya berkompetisi untuk mendapatkan ruang di ekosistem terumbu karang. Aktivitas *grazing* pada ikan karang herbivora berfungsi sebagai pengontrol pertumbuhan alga di ekosistem terumbu karang agar tidak mendominasi dan mengubah struktur komunitas (Febrizal *et al.*, 2009).

Keberadaan ikan karang herbivora di perairan sangat beragam yang dibagi ke dalam beberapa kelompok berdasarkan kebiasaan makan dan dampak yang dihasilkan pada substrat yang berbeda-beda, yaitu *scrapers* atau *small excavator*, *large excavator* atau *bioeroders*, *grazers* atau *detritivores*, dan *browsers* (Green & Bellwood, 2009):

1. *Scrapers* atau *small excavator*: kelompok ini didominasi oleh famili Scaridae (ikan kakatua) yang terdiri dari dua kelompok dengan perbedaan bentuk morfologi rahang dan kebiasaan makan. Kedua kelompok tersebut memakan *turf algae* dan menghilangkan substrat ketika makan. Jumlah substrat yang hilang akibat gigitan berbeda untuk masing-masing kelompok. Sebagian besar famili Scaridae (genera *Hipposcarus* dan *Scarus*) tergolong pengikis (*scrapers*) dimana gigitan mereka tidak terlalu dalam terhadap substrat. Sedangkan spesies penggerus besar (*large excavator*) seperti *Bolbometopon muricatum*, *Cetoscarus bicolor*, dan semua spesies dari genus *Chlorurus* mereka menghilangkan substrat sangat banyak atau dalam untuk setiap gigitan dan menyediakan area substrat yang bersih untuk perekutan karang. Kelompok *scrapers* memiliki panjang <35 cm (Gambar 1).
2. *Large excavators/bioeroders*: kelompok ini berperan penting dalam mengontrol pertumbuhan alga, sama halnya dengan kelompok *scrapers* atau *small excavator*. Sebagian besar kelompok ini merupakan pelaku *bioerosion* pada terumbu, menghilangkan karang mati dan menyediakan substrat yang stabil untuk rekrutmen karang. Kelompok ini memiliki panjang >35 cm dan memiliki peran yang berbeda terkait *resilience* terumbu karang yaitu menyediakan substrat baru untuk koloni *crustose coralline algae* dan karang dari bekas gigitannya (Gambar 2).



Gambar 1. Kelompok *scraper*: *Scarus flavipectoralis* (kiri), Kelompok *excavator*: *Bolbometopon muricatum* (kanan). Foto: G. Allen & R. Hamilton (sumber: Green & Bellwood, 2009).



Gambar 2. Bekas gigitan ikan kakatua *Sparisoma amplum* (a dan b), dan *Scarus trispinosus* (c dan d) pada karang *Montastrea cavernosa* (atas) dan *Siderastrea* spp. (bawah) (sumber: Francini-Filho *et al.*, 2008 dalam Husain, 2012).

3. *Grazers/detritivores*: famili yang termasuk dalam kelompok ini adalah Siganidae dan Pomachantidae (semua spesies *Centropyge*) serta Acanthuridae (semua spesies *Zebrasoma* dan *Acanthurus* kecuali pemakan plankton). Tidak seperti famili Scaridae, *grazers* tidak mengikis atau menggali substrat karang ketika makan. Kelompok ini memiliki proporsi yang kecil dalam memakan alga tetapi dengan kelimpahannya yang besar dapat mengendalikan alga secara signifikan (Gambar 3).



Gambar 3. Kelompok *grazers*: *Acanthurus triostegus* (kiri), Kelompok *grazer/detritivore*: *Acanthurus nigricauda* (kanan). Foto: G. Allen (sumber: Green & Bellwood, 2009).

4. *Browsers*: merupakan kelompok yang secara konsisten memakan makroalga dan material epifit lainnya. *Browsers* memainkan peran penting dalam mengurangi pertumbuhan berlebih makroalga yang menjadi kompetitor karang. Kelompok ini terdiri dari Nasinae, Kyphosidae, Ehippidae, Siganidae dan Scaridae dari genus *Calotomus* dan *Leptoscarus* (Gambar 4).



Gambar 4. Kelompok *browsers*: *Naso unicornis* (kiri), *Platax teira* (kanan). Foto: A. Hoey & G. Allen (sumber: Green & Bellwood, 2009).

C. Alga pada Ekosistem Terumbu Karang

Alga atau ganggang merupakan tumbuhan yang tidak memiliki akar, batang dan daun yang sebenarnya. Mereka dikenal sebagai tumbuhan talus (Thallophyta). Talus ini terdiri atas *holdfast* (mirip akar), *stipe* (mirip batang) dan *blade* (mirip daun). Berdasarkan ukuran tubuhnya, alga dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu alga yang berukuran besar (makroalga) dan alga berukuran kecil (mikroalga) (Amri & Yasir, 2015).

Makroalga termasuk flora penting dalam ekosistem karang sebagai produsen primer yang memperkuat daya dukung pada terumbu karang. Akan tetapi, pada kondisi ekstrem

pertumbuhan makroalga yang sangat cepat akan berdampak negatif terhadap komunitas karang dan dapat menghambat pertumbuhannya (McCook *et al.*, 2001). Alga dapat menjadi saingan utama dalam hal tempat (ruang) bagi karang di terumbu, dengan menyusup dan berkembang lebih cepat daripada karang. Alga tertentu juga melubangi kerangka karang sehingga menyebabkan rusaknya struktur karang (Damhudy, 2009).

Komunitas makroalga berperan sangat baik dalam membangun terumbu dan kehancuran terumbu, bahkan alga disebut sebagai “*biotic reefs*”. Pertumbuhannya yang sangat cepat dapat digunakan sebagai indikator yang memengaruhi populasi dan komunitas terumbu karang. Selama tiga dekade terakhir telah terjadi beberapa pergeseran komunitas dari karang menjadi alga atau dikenal dengan *phase shift* (McCook *et al.*, 2001). Peningkatan makroalga di ekosistem terumbu karang menjadi penyebab utama terdegradasi terumbu karang, akibat peningkatan unsur hara dari aktivitas antropogenik dan penangkapan ikan yang berlebih (Faizal *et al.*, 2011).

Berdasarkan fungsi karakteristik ekologi (morfologi, ukuran, kemampuan berfotosintesis), kemampuan bertahan terhadap *grazing* dan pertumbuhan, makroalga dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Diaz-Pulido & McCook, 2008):

1. *Turf algae*

Turf algae merupakan sekumpulan beberapa spesies alga yang sebagian besar didominasi *filamentous algae*. Alga ini memiliki pertumbuhan yang cepat, produktivitas yang tinggi, dan sering ditemukan berkoloni (bergerombol). *Turf algae* memiliki biomassa yang rendah per luas area, tetapi mendominasi dalam proporsi yang besar pada area terumbu karang, bahkan pada terumbu karang yang sehat. Ikan karang herbivora sangat menyukai kelompok alga ini karena memiliki ukuran kurang dari 2 cm memudahkan ikan untuk memakannya. Selain itu, *turf algae* tidak mengandung bahan kimia yang dapat menghalangi ikan untuk makan (Gambar 5a).

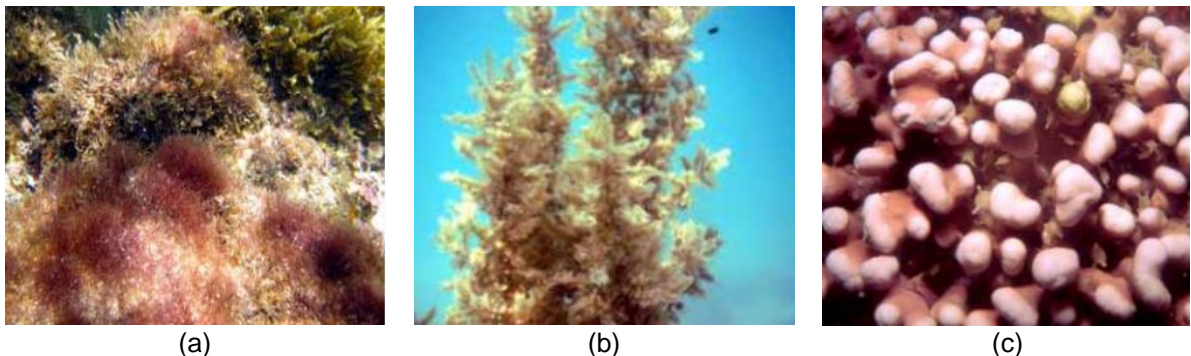
2. *Fleshy algae*

Alga ini memiliki bentuk yang lebih besar dan memiliki struktur lebih kaku. Secara anatomi lebih kompleks dibandingkan dengan *turf algae*, lebih sering ditemukan di daerah terumbu karang yang datar. Di daerah ekosistem terumbu karang yang jumlah kelimpahan herbivora relatif rendah, kelompok alga ini relatif dominan karena diperkirakan *fleshy algae* memproduksi senyawa kimia yang menghalangi ikan karang herbivora untuk memakannya (Gambar 5b).

3. *Crustose Coraline Algae*

Alga ini lebih menyerupai karang dalam kondisi menempel di substrat, memiliki struktur yang keras (penyusun kerangka didominasi oleh kapur) yang melekat pada karang

keras dan menyerupai substratnya. Kelompok alga ini memiliki pertumbuhan yang lambat dan menghasilkan kalsium karbonat yang dapat membantu proses sedimentasi kerangka terumbu karang secara bersama-sama (Gambar 5c).



Gambar 5. Klasifikasi makroalga; (a) Alga filamen: *turf algae* (1 cm); (b) Makroalga coklat: *fleshy algae*; (c) Alga merah: CCA (*Crustose Coralline Algae*) (sumber: Diaz-Pulido & McCook, 2008).

D. Hubungan Komunitas Ikan Karang Herbivora, Alga dan Terumbu Karang

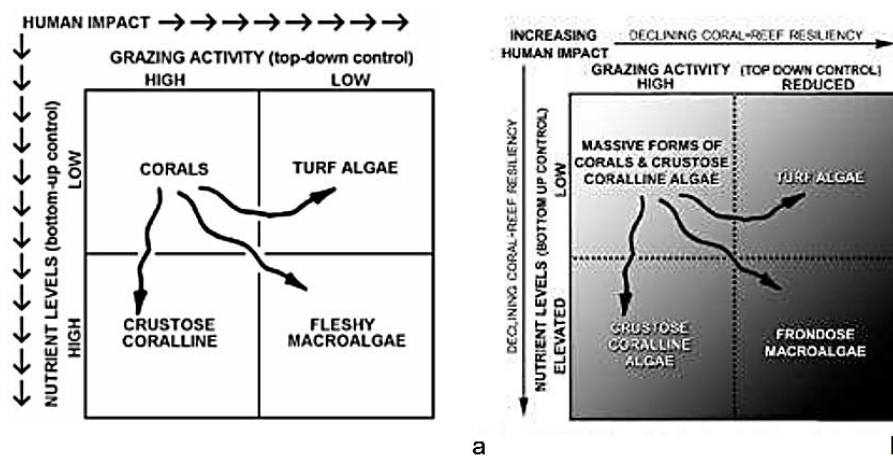
Terumbu karang adalah suatu ekosistem yang identik pada perairan tropis yang bahan penyusun utamanya adalah hewan berkapur, khususnya jenis-jenis karang batu dan alga berkapur (*calcareous algae*). Terumbu karang hidup dengan biota di dasar laut lainnya seperti jenis-jenis krustasea, ekinodermata, polikaeta, moluska, porifera dan tunikata serta beberapa biota lain yang hidup bebas, beberapa jenis plankton dan beberapa jenis ikan (Maududi & Luthfi, 2018).

Interaksi antara alga dan karang merupakan hal terpenting dari proses ekologi ekosistem terumbu karang sebagai salah satu sumber produsen primer pada sebagian besar hewan herbivora. Namun, makroalga juga menjadi pesaing utama dalam mendegradasi terumbu karang pada saat kelimpahaan makroalga mendominasi. Alga diketahui berkompetisi dengan karang memperebutkan ruang atau cahaya, dan interaksi antara keduanya sering diinterpretasikan sebagai superioritas alga karena banyak ketersediaan nutrisi (Diaz-Pulido & McCook, 2008; Maududi & Luthfi, 2018).

Sebagian makroalga dapat secara aktif menyerang jaringan karang di dalam kompetisi memperebutkan ruang. Hal ini terjabarkan dalam penelitian Jompa & McCook (2003), dimana *turf algae* jenis *Anotrichium tenue* dan *Corallophila huysmansii* dapat tumbuh melukai jaringan karang *Porites* dan juga menutupi karang dari cahaya matahari. Makroalga tidak dapat menyebabkan kematian karang, melainkan secara tidak langsung menurunkan kelangsungan hidup karang. Kecepatan tumbuh makroalga dapat memberikan pengaruh besar terhadap komunitas karang jika terjadi pengayaan nutrisi. Kehadiran ikan karang herbivora dapat menjadi penyelamat karang tertentu dari agresivitas makroalga tersebut (Damhudy, 2009). Hal ini dijabarkan dalam penelitian McCook (1996), dimana makroalga *Sargassum siliquosum* yang ditransplantasi di rata-rata terumbu (*reef flat*)

dapat tumbuh dengan baik jika dikurung dengan ikan karang herbivora. Penelitian ini menunjukkan bahwa kelimpahan ikan karang herbivora yang tinggi merupakan faktor pembatas distribusi makroalga tersebut, sedangkan analisis jaringan menunjukkan nutrisi (N, P) bukan merupakan faktor pembatas dari distribusi makroalga. Walaupun ikan karang herbivora bukan satu-satunya faktor pembatas dari kelimpahan makroalga, namun ikan karang herbivora merupakan pelaku penting *bioerosion* di daerah terumbu karang. Famili Scaridae yang termasuk ke dalam kelompok *bioeroders* memiliki peran penting dalam *bioerosion*, karena memakan substrat karang. *Bioerosion* mempunyai peranan yang sangat penting dalam ketahanan terumbu karang karena dapat menghilangkan karang mati dan membersihkan substrat dan menyediakan tempat hidup karang (Damhudy, 2009).

Ketersediaan unsur hara dan keberadaan herbivora (pemakan alga) menjadi faktor utama yang berpengaruh terhadap perubahan komunitas di terumbu karang. Salah satu penelitian yang bisa dijadikan acuan adalah Littler & Littler (1984) yang disebut *Relative Dominance Model* dimana dominansi bentuk autotrof di terumbu karang dapat diprediksi dari jumlah nutrisi dan hewan herbivora (Gambar 6). Tekanan herbivora dan eutrofikasi, gangguan biologis dan gangguan fisik lainnya dapat memengaruhi distribusi alga (Faizal *et al.*, 2011).



Gambar 6. Diagram *Relative Dominance Model*; a) kondisi alam; b) kondisi eksperimental (Littler & Littler, 1984; Littler & Littler, 2006).

Model Relatif Dominasi pada Gambar 6b digambarkan dalam empat kelompok fungsional sesil pada setiap bagian. Model ini memprediksi kelompok sesil mana yang dominan berinteraksi dengan proses eutrofikasi dan penurunan komunitas herbivora. Ketika aktivitas herbivora tetap tinggi dan jumlah nutrisi meningkat maka komunitas terumbu karang diambil alih oleh *crustose coralline algae*. Jika kemudian pemangsaan herbivora juga menurun akibat penangkapan, maka fasenya menjadi *frondose makroalga (blooming alga)*. Garis putus-putus pada gambar tersebut menggambarkan fungsi antara peningkatan nutrisi dan penurunan herbivora hingga mencapai level kritis yang mengurangi resiliensi ke *phase shift*. Gelap terang dari gambar menunjukkan fungsi dan

perspektif dalam manajemen menuju kondisi ekosistem yang stabil. Semakin terang maka ekosistem semakin stabil. Namun dalam model tersebut belum digambarkan gangguan yang akan dihadapi seperti badai tropik, pemanasan global, penyakit, predator dan penangkapan yang merusak. Misalnya, sirkulasi air laut sebagai salah satu penentu utama pertumbuhan makroalga. Sirkulasi air memengaruhi sejumlah faktor abiotik dan biotik yang mengendalikan struktur komunitas dan zonasi makroalga, termasuk densitas dan komposisi spektral, ketersediaan nutrisi, suhu dan tingkat pemangsaan herbivora. Gerakan air juga memengaruhi struktur komunitas yang dapat mematikan beberapa jenis makroalga dan herbivora. Selain itu juga memengaruhi penyebaran nutrisi, hasil pemupukan limbah rumah tangga, dan industri (Faizal *et al.*, 2011).

E. Faktor Lingkungan dan Makroalga di Terumbu Karang

1. Suhu

Suhu mempunyai peranan yang sangat penting bagi kehidupan dan pertumbuhan makroalga. Suhu diperoleh dari panas matahari dan berguna untuk respirasi makroalga dan mengurai zat-zat nutrisi yang diperoleh dari kandungan air laut (Kadi, 2017). Menurut Luning (1990), temperatur optimal untuk tumbuhan di perairan tropis yaitu 15–30°C. Suhu rendah mengakibatkan aktifitas biokimia dalam *thallus* makroalga berhenti, sedangkan suhu yang terlalu tinggi akan mengakibatkan rusaknya enzim dan hancurnya mekanisme biokimiawi dalam *thallus* makroalga.

2. Salinitas

Salinitas memengaruhi penyebaran makroalga di laut. Makroalga umumnya hidup di laut dengan salinitas antara 30–32‰, namun banyak jenis makroalga hidup pada kisaran salinitas yang lebih besar. Salinitas berperan penting dalam kehidupan makroalga. Salinitas yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan menyebabkan gangguan pada proses fisiologis. Sebagai adaptasi terhadap fluktuasi salinitas di habitatnya, makroalga dapat mengatur konsentrasi ion di dalam tubuhnya seperti K⁺, Na⁺, Cl⁻ dan konsentrasi bahan organik seperti manitol (alga coklat), floridoside (alga merah) dan sukrosa (alga hijau). Hal ini dilakukan untuk menjaga agar konsentrasi cairan di luar sel dan di dalam sel seimbang (Luning, 1990).

3. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman perairan merupakan salah satu faktor yang memengaruhi pertumbuhan makroalga. Nilai pH sangat menentukan molekul karbon yang dapat digunakan makroalga untuk fotosintesis. pH yang baik dan sesuai untuk budidaya makroalga berkisar antara 6–9 dan merupakan kisaran optimal pH dalam suatu perairan.

Kisaran pH<6 akan menekan laju pertumbuhan dari makroalga (Bold & Wynne, 1985 *dalam* Silaban & Kadmaer, 2020).

4. Pergerakan air (arus)

Arus sangat memengaruhi kesuburan makroalga karena melalui pergerakan air, nutrien-nutrien yang terbawa arus dapat terdistribusi dan diserap melalui *thallus*. Kecepatan arus ideal untuk pertumbuhan makroalga adalah 20–40 m/s dan >40 m/s dapat merusak konstruksi budidaya dan mematahkan makroalga (Mubarak, 1982 *dalam* Silaban & Kadmaer, 2020).

5. Kekeruhan

Kekeruhan dapat memengaruhi tingkat pertumbuhan makroalga akibat kurangnya asupan sinar matahari untuk keperluan fotosintesis. Pada paparan terumbu yang tingkat kekeruhannya tinggi, makroalga banyak mengalami kematian. Kebutuhan turbiditas yang baik untuk pertumbuhan makroalga adalah 5–6 NTU. (Toguchi, 1982 *dalam* Kadi, 2017).

6. Sedimentasi

Salah satu ekosistem yang menerima dampak langsung dari proses sedimentasi adalah terumbu karang. Kekeruhan dari proses sedimentasi berpengaruh terhadap tingkat penetrasi cahaya matahari ke dasar perairan, sehingga akan memengaruhi proses fotosintesis alga zooxanthella yang bersimbiosis dengan karang yang pada akhirnya dapat menghambat pertumbuhan dan terganggunya fungsi ekologis terumbu karang sebagai daerah asuhan, memijah dan mencari makan bagi ikan dan organisme laut lainnya (Subhan & Afu, 2017).

7. Fosfat

Unsur utama yang harus tersedia dalam proses pertumbuhan alga adalah karbon, nitrogen dan fosfor. Sumber karbon berasal dari CO₂ yang didapatkan dari atmosfer maupun hasil respirasi dari bakteri dan karbon organik. Sumber nitrogen dimanfaatkan alga dalam pembentukan protein yang dibutuhkan dalam bentuk amonium dan nitrat. Fosfor dimanfaatkan alga sebagai sumber energi universal dalam melakukan aktivitas di dalam sel baik dalam proses fotosintesis, respirasi maupun pembentukan protein (Ali, 2013).

Fosfat merupakan salah satu zat hara yang dibutuhkan dan mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan hidup organisme di laut. Tinggi rendahnya kadar fosfat di suatu perairan adalah salah satu indikator untuk menentukan kesuburan suatu perairan. Wardoyo (1982) *dalam* Arfah & Patty (2016) menyebutkan kadar fosfat di perairan yang cukup subur berkisar antara 0,0021–0,05 mg/l dan perairan yang subur berkisar antara 0,051–0,1 mg/l.

8. Nitrat

Nitrat merupakan senyawa kimia yang berfungsi sebagai nutrisi dalam air laut yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan hidup organisme di perairan. Kandungan nitrat yang normal di perairan laut umumnya berkisar antara 0,001–0,007 mg/l (Brotowidjoyo *et al.*, 1995 *dalam* Arfah & Patty, 2016). Selain itu, Wardoyo (1982) *dalam* Arfah & Patty (2016) mengemukakan bahwa kisaran kadar nitrat 0,3–0,9 mg/l cukup untuk pertumbuhan organisme dan >3,5 mg/l dapat membahayakan perairan.