

**WAKTU PEMULIHAN KARANG *Acropora formosa* YANG  
MENGALAMI BLEACHING PADA BERBAGAI KEDALAMAN DI  
PERAIRAN PULAU BONTOSUA**

**SKRIPSI**

**ASMIN**



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

**WAKTU PEMULIHAN KARANG *Acropora formosa* YANG  
MENGALAMI BLEACHING PADA BERBAGAI KEDALAMAN DI  
PERAIRAN PULAU BONTOSUA**

**ASMIN  
L11116306**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada  
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan



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

**LEMBAR PENGESAHAN**

**WAKTU PEMULIHAN KARANG *Acropora formosa* YANG MENGALAMI  
BLEACHING PADA BERBAGAI KEDALAMAN DI PERAIRAN PULAU BONTOSUA**

Disusun dan diajukan oleh

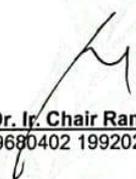
**Asmin  
L11116306**

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 14 Desember 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. Amir Hamzah Muhiddin, M. Si**  
NIP: 19631120 199303 1 002

Mengetahui,  
Ketua Program Studi,

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



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Asmin  
NIM : L11116306  
Program Studi : Ilmu Kelautan  
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul:

**"Waktu Pemulihan Karang *Acropora formosa* Yang Mengalami *Bleaching* Pada Berbagai Kedalaman Di Perairan Pulau Bontosua"**

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

Makassar, 14 Desember 2022

Yang Menyatakan,

  
Asmin  
NIM : L11116306

## PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Asmin  
NIM : L11116306  
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 mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 14 Desember 2022

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Ilmu Kelautan



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

Penulis,

**Asmin**  
NIM: L11116306

v

## ABSTRAK

**Asmin.** L11116306. "Waktu Pemulihan Karang *Acropora formosa* Yang Mengalami *Bleaching* Pada Berbagai Kedalaman Di Perairan Pulau Bontosua". Dibimbing oleh **Chair Rani** sebagai Pembimbing Utama dan **Amir Hamzah Muhiddin** sebagai Pembimbing Anggota.

---

Penelitian ini bertujuan: 1) Mengetahui waktu pemulihan karang *Acropora formosa* akibat *bleaching* pada berbagai kedalaman; 2) Mengetahui densitas *zooxanthellae* selama proses pemulihan; 3) Menganalisis hubungan antara densitas *zooxanthellae* dengan level kesehatan karang. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni-November 2022, berlokasi di Pulau Bontosua Kabupaten Pangkajene. Penelitian ini secara eksperimental menutupi 5 koloni dengan kantong plastik pada kedalaman masing-masing dan menyelidiki perubahan warna dan kepadatan *zooxanthellae* dari koloni yang dirawat setelah 21 hari perawatan. Perbedaan tingkat pemulihan karang pada setiap kedalaman dianalisis menggunakan One Way ANOVA. Pola perubahan kepadatan *zooxanthellae* selama proses recovery dianalisis secara deskriptif menggunakan grafik garis pada setiap kedalaman. Pengaruh perubahan kepadatan *zooxanthellae* terhadap tingkat kesehatan karang dilakukan dengan analisis regresi sederhana. Selama penelitian ditemukan bahwa pemulihan karang lebih cepat pada kedalaman 1-3 meter dengan waktu pemulihan rata-rata 14 hari, pada kedalaman 4-6 meter dengan waktu pemulihan rata-rata 17 hari, dan pada kedalaman 7-10 meter dengan waktu pemulihan rata-rata 19. Kepadatan *zooxanthellae* pada kedalaman 1-3 meter memiliki jumlah yang lebih banyak dibandingkan pada kedalaman lainnya yaitu 2.031.250 sel/cm<sup>2</sup> setelah pemulihan, 1.569.792 sel/cm<sup>2</sup> pada kedalaman 4 -6 meter setelah pemulihan dan 1.186.458 sel/cm<sup>2</sup> pada kedalaman 7 – 10 meter setelah pemulihan. Kepadatan *zooxanthellae* berpengaruh sangat kuat atau signifikan terhadap tingkat kesehatan karang.

**Kata Kunci:** Waktu Pemulihan, Densitas *Zooxanthellae*, Pulau Bontosua

## ABSTRACT

**Asmin.** L11116306. "Recovery Time of Bleached *Acropora Formosa* at Various Depths in Bontosua Island ". Guided by **Chair Rani** as Senior Advisor and **Amir Hamzah Muhiddin** as a supervising Companion.

---

This study aims to: 1) determine the recovery time of *Acropora formosa* corals due *bleaching* at various depths; 2) Knowing the density of *zooxanthellae* during the recovery process; 3) Analyze the relationship between *zooxanthellae* and coral health level. This study was conducted in June-November 2022, located at Bontosua Island, Pangkajene Regency. This study experimentally covered 5 colonies with plastic bag at the respective depth and investigate the color change and *zooxanthellae* density of those treated colonies after 21 days of treatment. Differences in coral recovery rates at each depth were analyzed using One Way ANOVA. The pattern of changes in *zooxanthellae* density during the recovery process was analyzed descriptively using line graphs at each depth. The effect of *zooxanthellae* density changes on coral health levels was carried out by simple regression analysis. During the study, it was found that coral recovery was faster at a depth of 1-3 meters with an average recovery time of 14 days, at a depth of 4-6 meters with an average recovery time of 17 days, and at a depth of 7-10 meters with an average recovery time 19. The density of *zooxanthellae* at a depth of 1-3 meters has a greater number than at other depths, namely 2,031,250 cells/cm<sup>2</sup> after recovery, 1,569,792 cells/cm<sup>2</sup> at a depth of 4-6 meters after recovery and 1,186,458 cells/cm<sup>2</sup> at a depth of 7 – 10 meters after recovery. The density of *zooxanthellae* has a very strong or significant effect on coral health levels.

**Keyword:** *Recovery Time, Density of Zooxanthellae, Bontosua Island*

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji Syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan skripsi dengan judul "**Waktu Pemulihan Karang *Acropora formosa* Yang Mengalami Bleaching Pada Berbagai Kedalaman Di Perairan Pulau Bontosua**" dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun berdasarkan data-data hasil penelitian sebagai tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana di Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, informasi, dan membawa kepada suatu kebaikan.

Melalui Skripsi ini penulis ingin mengucapkan terimakasih 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. Allah SWT, sangat berperan besar dalam segala sisi kehidupan Penulis.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Mansur dan Ibu Arni, serta saudara-saudara saya Sudirman, Asman, Suandi dan Ildan Akmal yang telah mendoakan kebaikan, kemudahan dan kelancaran. Serta memberikan dukungan semangat dan kasih sayang untuk penulis agar menyelesaikan perkuliahan.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Chair Rani, M.Si dan Dr. Ir. Amir Hamzah Muhiddin, M.Si selaku pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan arahan, dukungan serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis sehingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si dan Dr. Muhammad Banda selamat, S.Pi, M.T selaku penguji yang selalu memberi saran dan arahan hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Bapak Dr. Khairul Amri, S.T, M.Sc.Stud. selaku Ketua Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
6. Ibu Dr. Ir. Arniati, M.Si selaku dosen penasehat akademik yang selalu memberikan bimbingan dan arahan mengenai proses perkuliahan sejak menjadi mahasiswa baru hingga terselesaikannya skripsi ini.
7. Seluruh Dosen dan Civitas Akademik Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingan

serta ilmu pengetahuan selama perkuliahan dan membantu penulis dalam mengurus administrasi.

8. Teman-teman Ilmu Kelautan 2016 “ATHENA” Serangkul Dalam Koridor Biru.
9. Kawan seperjuangan saya , Zaman, Amin, Yunus, Nasrum, yang saling mendukung dalam segala hal, baik susah dan senangnya.
10. Keluarga Mahasiswa (KEMA) Kelautan Unhas atas segala dukungan dan kebersamaannya.
11. Marine Science Diving Club Universitas Hasanuddin (MSDC-UH) Sebagai wadah yang memberikan banyak ilmu dan pengalaman bagi penulis.
12. Kepada teman-teman lapangan, Amin, agung, tenri, ira, wiwi, boge, suandar, ippang, ciki, ikoz yang telah membantu dalam persiapan perlengkapan lapangan serta pengambilan data.
13. Kepada seluruh pihak tanpa terkecuali yang namanya luput disebutkan satu persatu karena telah banyak memberikan bantuan selama penyusunan skripsi.

Harapan Penulis, semoga skripsi ini dapat diterima dan memberi manfaat bagi semua pihak. Segala daya dan upaya telah dilakukan demi rampungnya skripsi ini, namun mengingat keterbatasan kemampuan penulis, maka skripsi ini pasti masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis meminta segala bentuk kritik dan saran yang sifatnya membangun. Terimakasih.

*Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Makassar, 14 Desember 2022

**Asmin**

L11116306



## RIWAYAT HIDUP

Asmin lahir di Malaysia pada tanggal 10 maret 1997, merupakan anak ketiga dari pasangan Mansur dan Arni. Penulis menyelesaikan Pendidikan Dasar di SDN 233 Abbinenge, menamatkan sekolah di SMP Negeri 1 Marioriwawo pada tahun 2012 dan tahun 2015 di SMA Negeri 2 Soppeng. Penulis diterima sebagai mahasiswa di Universitas Hasanuddin Makassar, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Program Studi Ilmu Kelautan pada tahun 2016 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di kelembagaan intra kampus diantaranya anggota Departemen Pendidikan dan Kaderisasi KEMA JIK FIKP-UH periode 2018/2019, anggota Divisi Pendidikan dan Pelatihan MSDC-UH periode 2020/2021. Penulis pernah mengikuti beberapa pelatihan seperti Latihan Kepemimpinan Tingkat I, Pendidikan dan Pelatihan Selam Bintang I (*One Star Scuba Diver*) CMASS-POSSI, dan Sertifikasi Mars Sustainable Solutions Method. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan transplantasi karang yang dilakukan oleh PT.MARS serta kegiatan ekspedi Walrus Abu-abu Jilid II yang dilaksanakan oleh MSDC-UH.

Penulis melakukan rangkaian tugas akhir yaitu Kuliah Kerja Nyata Tematik Gel. 107 di Desa Pattopakang, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar. Sedangkan untuk memperoleh gelar sarjana Ilmu Kelautan penulis melakukan penelitian di Pulau Bontosua, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, dengan judul "Waktu Pemulihan Karang *Acropora formosa* yang Mengalami *Bleaching* Pada Berbagai Kedalaman di Perairan Pulau Bontosua" pada tahun 2022 di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Chair Rani, M.Si dan Dr. Ir. Hamir Hamzah Muhiddin, M. Si

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN .....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN <i>AUTHORSHIP</i> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACK</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan dan kegunaan Penelitian .....	2
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>3</b>
A. Biologi Karang .....	3
B. Ekologi Karang .....	4
C. Kerusakan Terumbu Karang .....	6
D. <i>Acropora formosa</i> .....	8
E. Fenomena <i>Bleaching</i> Karang dan Pemulihannya .....	9
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>10</b>
A. Waktu dan Tempat .....	10
B. Alat dan Bahan .....	10
C. Prosedur Kerja .....	11
D. Analisis Data.....	16
<b>IV. HASIL</b> .....	<b>17</b>

A. Gambaran Umum Lokasi.....	17
B. Kondisi Lingkungan .....	17
C. Waktu Pemulihan (Perubahan Warna Karang) .....	18
D. Densitas <i>Zooxanthellae</i> .....	20
E. Keterkaitan antara densitas <i>zooxanthellae</i> dengan Level Kesehatan Karang .....	22
<b>V. PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
A. Kondisi Lingkungan .....	23
B. Waktu Pemulihan (Perubahan Warna Karang) .....	24
C. Densitas <i>Zooxanthellae</i> .....	24
D. Hubungan antara Densitas <i>Zooxanthellae</i> dengan Level Kesehatan karang .....	25
<b>VI. PENUTUP .....</b>	<b>27</b>
A. Kesimpulan .....	27
B. Saran .....	27
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>28</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>31</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Keterangan kode angka pada tabel kesehatan karang .....	13
Tabel 2. Hasil pengukuran parameter oseanografi perairan Pulau Bontosua .....	18

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Acropora formosa</i> .....	8
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian di Pearairan Pulau Bontosua, Kabupaten Pangkep .....	10
Gambar 3. Bagan pemasangan plastik terhadap karang uji yang diuji pada 3 kedalaman .....	12
Gambar 4. Visualisasi nilai kesehatan terumbu karang.....	13
Gambar 5. Haemocytometer yang digunakan dalam menghitung densitas <i>zooxanthellae</i> .....	14
Gambar 6. Tingkat pemulihan Karang <i>Acropora formosa</i> pada setiap kedalaman selama penelitian, ns menandakan tidak adanya perbedaan dan * menandakan adanya perbedaan nyata $P < 0,05$ menurut analisis ragam.....	19
Gambar 7. Perubahan level Kesehatan karang selama pengamatan .....	20
Gambar 8. Peningkatan Densitas <i>zooxanthellae</i> pada setiap kedalaman selama penelitian .....	21
Gambar 9. Densitas <i>zooxanthellae</i> pada karang yang sehat dan karang yang <i>bleaching</i> .....	21
Gambar 10. Hubungan linear antara densitas <i>zooxanthellae</i> dengan level kesehatan karang.....	22

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil pengukuran parameter Oseanografi di Pulau Bontosua .....	32
Lampiran 2. Hasil Uji Statistik Level Kesehatan Karang dengan Menggunakan Uji One Way Anova.....	40
Lampiran 3. Hasil perhitungan densitas <i>zooxanthellae</i> .....	49
Lampiran 4. Hasil analisis regresi linear sederhana antara densitas <i>zooxanthellae</i> dengan level Kesehatan karang.....	50

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Terumbu karang merupakan ekosistem yang sangat dinamis, namun sangat sensitif dan rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan. Kondisi dinamis terumbu karang ditandai dengan perubahan yang terjadi dalam komunitas, serta adanya interaksi yang kuat antara biota karang dan biota penghuni terumbu lainnya serta kondisi abiotik lingkungan. Secara alami respon terumbu karang terhadap perubahan dan tekanan lingkungan adalah berusaha untuk bertahan dan menunjukkan tanda-tanda pemulihan sampai terbentuknya komunitas yang stabil kembali setelah mengalami kerusakan (Zurba, 2019).

Kerusakan terumbu karang bisa dilihat secara fisik dan fisiologi. Kerusakan fisik dapat dilihat berdasarkan koloni karang yang hancur, cabang-cabang yang patah, dan koloni yang terangkat dari substratnya. Kerusakan fisiologi dapat dilihat dari perubahan warna karang yang sebelumnya cerah menjadi memudar bahkan putih (*bleaching*) (Suharsono, 1998). Peristiwa *bleaching* merupakan peristiwa keluarnya *zooxanthellae* dari tubuh hewan karang. Peristiwa *bleaching* yang terjadi di perairan Spermonde khususnya di Pulau Badi mengakibatkan sekitar 85% komunitas karang keras terkena *bleaching*, selain itu karang lunak sekitar 11%, dan biota lain sekitar 5% (Yusuf *et al.*, 2009). *Zooxanthellae* merupakan kelompok yang beranggotakan jenis-jenis mikroalga dari genus *Symbiodinium* (Tomas, 1997; Fahrurrozie *et al.*, 2012).

Keberadaan *zooxanthellae* dalam karang menyebabkan pertumbuhan karang sangat terbatas pada perairan yang jernih dan cenderung dangkal (>25 meter). *zooxanthellae* membutuhkan cahaya yang cukup untuk melakukan fotosintesis. Tanpa adanya cahaya yang cukup, laju fotosintesis akan berkurang dan membentuk terumbu akan berkurang pula. Hal tersebut akan mempengaruhi kecepatan pembentukan terumbu karang. Berkurangnya cahaya yang masuk ke perairan dapat diakibatkan oleh proses sedimentasi, kedalaman, dan kenaikan permukaan air laut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Khul *et al.* (1995), gelombang cahaya yang diperlukan *zooxanthellae* untuk berfotosintesis adalah berkisar antara 550-600 nm. Bila kenaikan suhu hanya terjadi selama 2-3 minggu biasanya karang dapat bertahan dan akan segera pulih kembali warnanya seperti semula.

Terumbu karang secara alami akan bertahan dan berusaha bertahan dan menunjukkan gejala pemulihan. Nybakken (1992) menjelaskan bahwa hewan karang dapat pulih dari kejadian pemutihan karang dengan merekrut kembali *zooxanthellae* dari lingkungan perairan ketika kondisi membaik, atau karang akan mati jika terekspos kondisi ekstrim dalam jangka waktu yang cukup lama. Pemulihan dapat terhambat oleh

alga dan karang lunak yang dengan cepat mengambil alih kerangka karang yang mati dan tidak membentuk substrat yang sesuai untuk rekolonisasi karang. Pemulihan dapat dilihat dari tutupan karang keras sebagai komponen utama pembentuk terumbu. Kembalinya tutupan karang setelah adanya gangguan merupakan salah satu ukuran pemulihan (Berumen & Prachet, 2006; Golbuu *et al.*, 2007).

Menurut Yusuf dan Jompa (2012) *Acropora* sp merupakan salah satu genus yang rentan terkena pemutihan di perairan spermonde, selama penelitian dilakukan *Acroporidae* mengalami pemutihan sebesar 31 % dimana *Acroporidae* menunjukkan pemutihan lebih awal daripada saat penelitian ini dimulai. Menurut Obura dan Grinmsditch (2009), karang rentan merupakan jenis karang yang muda terdampak dengan adanya kenaikan suhu air laut karang rentan terdiri dari genus *Acropora*, *Montipora*, *Pocillopora*, *Stylophora*, dan *Seriatopora*. Namun disisi lain karang rentan jenis bercabang tersebut memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat sehingga mendukung pemulihan karang melalui peningkatan persentase tutupan karang keras. *Acropora* sp merupakan karang bercabang yang mampu hidup dan berkembang pada setiap level kedalaman, baik pada *reef flat* maupun *slope* (Rani, 2001). Karang *Acropora* sendiri sangat umum dijumpai di perairan (Suharsono, 2004).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui waktu pemulihan karang *Acropora formosa* akibat peristiwa bleaching pada berbagai kedalaman di Pulau Bontosua yang menggunakan metode eksperimental dengan beberapa perlakuan.

## **B. Tujuan dan kegunaan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui waktu pemulihan karang *Acropora formosa* akibat *bleaching* pada berbagai kedalaman
2. Mengetahui densitas *zooxanthellae* selama proses pemulihan
3. Menganalisis hubungan antara densitas *zooxanthellae* dengan level kesehatan karang.

Kegunaan penelitian ini yaitu menjadi informasi mengenai waktu pemulihan karang akibat peristiwa *bleaching* pada berbagai kedalaman dan densitas *zooxanthellae* selama proses pemulihan serta melihat hubungan antara densitas *zooxanthellae* dengan level kesehatan karang.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Biologi Karang

Terumbu karang merupakan sekumpulan hewan karang yang bersimbiosis dengan alga *zooxanthellae*. Terumbu dibentuk oleh organisme karang pembentuk terumbu dan organisme lainnya yang hidup di dasar (wilkinson, 2004). Terumbu karang atau biasa disebut juga dengan karang batu merupakan hewan dari ordo Scleractinia yang mampu menghasilkan zat kapur ( $\text{CaCO}_3$ ); individu karang disebut dengan polip (Nyabakken, 1992).

Koloni karang merupakan kumpulan dari berjuta-juta polip penghasil bahan kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) yang memiliki kerangka luar yang disebut koralit. Koralit memiliki bentuk yang berbeda-beda hal ini disebabkan karena jenis hewan karang (polip) yang berbeda-beda pula.

Polip merupakan binatang kecil yang menyerupai karung. Di bibir tubuhnya memiliki tentakel untuk menarik dan menangkap mangsa. Makanan polip adalah plankton yang terbawa arus laut. Polip menyerap kalsium karbonat dari air laut dan mengeluarkannya dalam bentuk struktur kapur yang keras untuk melindungi tubuhnya yang lunak.

Proses fotosintesis oleh alga menambah produksi kalsium karbonat dengan menghilangkan karbon dioksida dan merangsang reaksi kimia. Fotosintesis oleh alga yang bersimbiosis dengan karang pembentuk terumbu menghasilkan deposit dari kalsium karbonat. Adapun reaksi kimia yang dihasilkan yaitu  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3$  (Sumich, 1992).

Jaringan tubuh karang terdiri dari ektodermis, mesoglea, dan endodermis. Ektodermis merupakan jaringan terluar yang terdiri dari berbagai jenis sel yang antara lain sel mukus dan sel neomatosit (sel penyengat). Mukus berada pada sel glandula yang berfungsi sebagai alat untuk membebaskan diri dari sedimen yang melekat. Mesoglea merupakan jaringan tengah seperti jelly yang didalamnya terdapat fibril, sedangkan lapisan endodermis selnya berisi alga yang bersimbiosis dengan karang. Karang mempunyai sistem saraf, jaringan otot dan reproduksi yang sederhana akan tetapi telah berkembang dan berfungsi secara baik jaringan ini tersebar di ektoderma maupun di endoderma serta mesoglea yang dikoordinasi oleh sel khusus yang disebut *sel junction* yang bertanggung jawab memberi respon terhadap adanya cahaya (Suharsono, 1996;2008).

Pada lapisan endodermis terdapat *zooxanthellae* yang merupakan alga uniseluler dari kelompok Dinoflagellata dengan warna coklat atau coklat kekuningan.

Jumlah *zooxanthellae* di karang diperkirakan 1-5 juta sel/cm<sup>2</sup>. meski dapat hidup tidak terikat dengan induk mereka Sebagian besar *zooxanthellae* melakukan simbiosis. Dalam asosiasi ini karang mendapatkan sejumlah keuntungan berupa hasil fotosintesis (gula, asam amino, oksigen) dan mempercepat proses pengapuran (Zurba, 2019).

Faktor lingkungan berperan pada *zooxanthellae* dan inangnya yaitu hewan karang dalam hal ini membatasi sebaran dan keanekaragamannya. *Zooxanthellae* ini merupakan jenis mikroalga dari kelas Dinoflagellata uniseluler, seperti *Gymnodinium microadriatum* yang bersimbiosis dengan hewan karang yang hidup menempel pada polip karang. *Zooxanthellae* dapat berada di karang melalui beberapa mekanisme yang berhubungan dengan reproduksi karang, dari reproduksi seksual, karang akan mendapatkan *zooxanthellae* langsung dari induknya atau tidak langsung dari lingkungan. Sedangkan pada reproduksi aseksual, *zooxanthellae* akan langsung dipindahkan ke koloni baru atau datang dengan potongan koloni karang lepas (Zurba, 2019).

## **B. Ekologi Karang**

Karang di dunia dibagi menjadi dua kelompok karang, yaitu karang hermatipik dan karang ahermatipik. Perbedaan kedua kelompok karang ini terletak pada kemampuan karang hermatipik dalam menghasilkan terumbu (Zurba, 2019). Faktor fisik-kimiawi yang diketahui mempengaruhi kehidupan dan/atau laju pertumbuhan karang antara lain:

### **1. Cahaya Matahari**

Intensitas cahaya merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan karang. Semakin cerah perairan maka semakin baik pertumbuhan terumbu karang, hal ini berkaitan dengan proses fotosintesis yang dilakukan oleh *zooxanthellae*, dimana hasil fotosintesis tersebut digunakan sebagai sumber makanan karang. Di tempat yang dalam dengan intensitas cahaya yang rendah, terumbu karang tidak ditemukan. Kedalaman yang dalam berarti lebih sedikit cahaya yang menyebabkan laju fotosintesis menurun dan pada akhirnya kemampuan karang untuk membentuk kerangka juga akan berkurang dengan sendirinya (Zurba, 2019).

Cahaya (karena hanya dapat diperoleh saat matahari muncul), tidak seperti suhu yang secara ekologis jelas merupakan pembatas dari semua parameter fisik lingkungan, oleh karena itu seolah-olah menunjukkan bahwa cahaya dapat menyebabkan keterbatasan fisik pada biogeografi horizontal (Zurba, 2019). Adanya perbedaan mendasar dalam kebutuhan sinar matahari, secara ekologi karang dapat dibedakan menjadi dua kelompok, kelompok tersebut adalah karang ahermatipik dan hermatipik. Karang ahermatipik adalah kelompok karang yang tidak membentuk terumbu.

Sedangkan karang hermatipik merupakan karang pembentuk terumbu dimana kelompok karang ini dapat mengendapkan kapur (Suharsono, 2004).

## 2. Suhu

Suhu dikenal sebagai faktor yang menentukan kesesuaian habitat (Dubinsky *et.al.*, 2011). Suhu merupakan variabel yang berperan dalam mengendalikan sebaran horizontal terumbu karang. Suhu terus menerus 18°C selama jangka waktu tertentu diidentifikasi sebagai suhu minimum air laut dimana secara fungsional terumbu karang masih dapat bertahan hidup secara normal. Semua karang akan mati jika terkena suhu rendah yang tidak normal serta organisme lain. Sangat sedikit *zooxanthellae* karang yang diketahui dapat mentolerir suhu di bawah 11°C dalam kondisi alami. Perkembangan terumbu karang yang optimal adalah pada suhu rata-rata tahunan berkisar antara 23-25°C, dengan suhu maksimum yang masih dapat ditoleransi 36-40°C (Zurba, 2019).

Perubahan suhu yang tiba-tiba sekitar 4-6°C di bawah atau di atas tingkat lingkungan dapat mengurangi pertumbuhan karang bahkan membunuhnya. Pada prinsipnya pengaruh suhu panas menyebabkan rusaknya simbiosis karang dengan *zooxanthellae* yang dinyatakan dalam bentuk lepasnya *zooxanthellae* dari jaringan sel karang yang lebih dikenal dengan pemutihan karang (Zurba, 2019).

## 3. Salinitas

Salinitas merupakan salah satu faktor pembatas bagi kehidupan karang. Rata-rata salinitas air laut di daerah tropis adalah sekitar 35‰. Salinitas mempengaruhi kehidupan hewan karang karena adanya tekanan osmotik pada jaringan hidup (Zurba, 2019). Karang dapat tumbuh dengan cepat pada salinitas 33 sampai 35‰, salinitas umum di perairan lepas pantai. Pada salinitas rendah, seperti di sekitar muara sungai, terumbu karang tidak akan berkembang meskipun jumlah sedimen rendah dan penetrasi cahaya sangat baik. Salinitas yang rendah dapat menurunkan tingkat fertilisasi gamet karang tetapi tidak banyak merugikan pada fase planula. Dalam beberapa kasus, paparan salinitas rendah dapat meningkatkan kepekaan karang terhadap suhu laut yang tinggi dan membuat karang lebih rentan terhadap pemutihan (Riznawati, 2015). Pengaruh salinitas terhadap kehidupan hewan karang sangat bervariasi tergantung pada kondisi laut setempat dan/atau pengaruh alam, seperti limpasan, badai, hujan, sehingga kisaran salinitas dapat mencapai 17,5-52,5‰ (Zurba, 2019).

## 4. Kecepatan Arus

Arus berfungsi untuk membawa makanan dan membersihkan karang dari sedimentasi. Oleh karena itu pertumbuhan karang di arus cenderung lebih baik daripada di perairan tenang (Zurba, 2019). Adanya arus juga mempengaruhi kerangka karang dimana arus akan menghasilkan struktur kerangka yang padat. Karang yang terdapat

pada lingkungan berenergi tinggi akan tumbuh menjadi karang padat, dimana lingkungan yang dilindungi memiliki kerangka yang ringan dan rapuh (Hopley, 2011). Pergerakan air atau arus serta gelombang besar diperlukan untuk ketersediaan suplai makanan bagi mikroorganisme dan oksigen serta perlindungan karang dari endapan (Nybakken, 1997).

#### 5. Kejernihan Air

Kejernihan air merupakan faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan karang dan juga dapat mempengaruhi reproduksi dan perlekatan larva karang (Riznawati, 2015). Pada perairan yang jernih, penetrasi cahaya dapat mencapai lapisan yang sangat dalam, tetapi pada umumnya karang tumbuh lebih baik pada kedalaman kurang dari 20 m (Zurba, 2019). Saat perairan tidak jernih, keanekaragaman karang akan menurun tajam pada kedalaman sekitar 50 m (Risnawati, 2015). Untuk kehidupan terumbu karang membutuhkan air laut yang bersih dari kotoran karena benda-benda yang terdapat di dalam air tersebut dapat menghalangi masuknya sinar matahari yang dibutuhkan *zooxanthellae*. Endapan lumpur atau pasir yang terdapat di dalam air atau pada karang berdampak negatif terhadap karang dan dapat mengakibatkan kematian hewan karang. Kebanyakan karang hermatipik tidak dapat bertahan hidup dengan adanya endapan berat yang menutupi dan menyumbat struktur saluran makanan mereka. Akibat pengaruh negative ini perkembangan terumbu karang menjadi lambat atau berkurang bahkan menghilang dari daerah pengendapan yang besar. Jika sedimen tersebut diangkut oleh sungai atau aliran sungai, kombinasi salinitas yang berkurang dan sedimen yang berlebihan menyebabkan terumbu karang tidak tumbuh (Nybakken, 1997).

### C. Kerusakan Terumbu Karang

Terumbu karang sangat sensitif terhadap gangguan, bahkan perubahan kecil pada lingkungan karang dapat berdampak buruk pada seluruh koloni karang. Perubahan tersebut mungkin disebabkan oleh berbagai faktor, tetapi secara umum dikelompokkan menjadi dua kategori: gangguan alam dan gangguan antropogenik/manusia (Maddupa, 2016).

#### 1. Ancaman Antropogenik

Aktivitas manusia dalam pemanfaatan terumbu karang baik secara langsung maupun tidak langsung seringkali merusak potensi terumbu karang itu sendiri (Ahmad, 2014). Kerusakan terumbu karang di Indonesia lebih banyak disebabkan oleh pemanfaatan sumber daya laut (Yusuf, 2013). Peningkatan dampak dari aktivitas manusia merupakan hasil dari kemajuan pesat dalam teknologi untuk

memvisualisasikan dan mengeksploitasi sumber daya hayati dan mineral dari habitat perairan dalam (Freiwald *et al.*, 2004).

Kerusakan ekosistem terumbu karang di Indonesia disebabkan oleh enam faktor utama, yaitu (Trimirza, 2021):

- Penambangan karang untuk keperluan bahan bangunan, konstruksi jalan, dan bahan dekorasi,
- Penggunaan bahan peledak, bahan beracun, dan teknik perusak lainnya dalam kegiatan penangkapan ikan di kawasan terumbu karang,
- Kegiatan wisata bahari yang tidak memperhatikan kelestarian sumber daya alam laut,
- Sedimentasi akibat pengelolaan Kawasan dataran tinggi yang tidak atau tidak sesuai dengan prinsip ekologi (pelestarian lingkungan),
- Penggunaan jangkar kapal yang tidak bertanggung jawab,
- Pencemaran , baik yang berasal dari kegiatan pembangunan ekonomi di darat maupun dilaut,
- Konservasi Kawasan terumbu karang menjadi Kawasan pemukiman, bisnis, industri dan lainnya melalui kegiatan reklamasi.

## 2. Ancaman Alami

Selain ancaman kegiatan antropogenik, ekosistem terumbu karang juga mendapat tekanan secara alami berupa gempa bumi, angin topan, tsunami, el nino, kadar garam yang tidak normal, kekurangan cahaya, bioerosi, pesaing dan pemangsaan (Siringoringo, 2007).

Eutrofikasi merupakan faktor lokal penting yang mempengaruhi Kesehatan terumbu karang. Dari sekian banyak komponen limbah, termasuk surfaktan, logam berat, bahan organik beracun dan bahan kimia, nutrisi nitrogen dan fosfor merupakan faktor yang paling menentukan kerusakan terumbu karang. Peningkatan konsentrasi nutrisi akan merangsang produktivitas plankton dan alga bentik. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan klorofil-a dan kekeruhan yang pada gilirannya merangsang populasi hewan penyaring dan pemakan detritus. Pengaruh peningkatan populasi fitoplankton dan kekeruhan, komposisi alga bentik dan toksisitas fosfat secara bersamaan dapat mengurangi jumlah karang (Zurba, 2019).

Pemutihan karang massal dan kematian dapat dipicu oleh peningkatan SPL kecil (1-2°C) di atas maksimum musim panas jangka Panjang untuk suatu wilayah (Strong *et al.*, 2011). Jika suhu lebih tinggi lebih lama, jumlah pemutihan karang akan meningkat, mendorong peningkatan kematian. Ada hubungan kuat antara ukuran dan Panjang suhu ekstrim dan pemutihan karang massal dan kematian (Hoegh-Guldberg, 1999).

Peningkatan pemutihan dan kematian karang massal sejak awal 1980-an disebabkan oleh perubahan iklim antropogenik khususnya pemanasan laut. Hilangnya simbiosis dari jaringan karang dapat memiliki efek langsung melalui hilangnya energi fotosintesis, dan menyebabkan kelaparan, penyakit, kegagalan reproduksi, dan hilangnya kemampuan kompetitif relatif terhadap organisme lain di terumbu karang (Hoegh-Guldberg, 2014).

#### **D. *Acropora formosa***

*Acropora formosa* merupakan spesies karang dari genus *Acropora* yang memiliki bentuk percabangan arboresen dengan percabangan ramping sampai gemuk, radial koralit berbentuk tabung dengan bukaan membulat atau oval tersusun merata dan rapat. Di tempat yang tenang percabangan lebih terbuka dan lebih memanjang. Umumnya memiliki warna coklat muda, coklat tua dan kadang-kadang biru. Jenis karang ini biasa ditemukan di tempat dangkal di seluruh perairan Indonesia. Merupakan jenis *Acropora* yang paling umum dijumpai di Indonesia.

Klasifikasi karang *Acropora formosa* di dasarkan pada Suharsono (2008), sbb :

*Kingdom: Animalia*

*Phylum: Cnidaria*

*Class: Anthozoa*

*Order: Scleractinia*

*Family: Acroporidae*

*Genus: Acroporidae*

*Spesies: Acropora formosa*



Gambar 1. *Acropora formosa*

## E. Fenomena *Bleaching* Karang dan Pemulihannya

Pemutihan karang merupakan fenomena berubahnya warna pada jaringan karang menjadi putih atau tidak berwarna akibat dari hilangnya *zooxanthellae*. Alga tersebut memberi pigmen warna pada hewan karang serta membantu karang dalam memperoleh makanan (Fitt *et al.*, 2000). Kelangsungan hidup karang dipengaruhi keberadaan *zooxanthellae*, apabila alga tersebut menghilang dari hewan karang maka dapat menyebabkan karang mati.

Pemutihan karang ini disebabkan adanya perubahan suhu perairan yang menyebabkan karang tidak dapat mentolerir perubahan suhu yang terjadi. Pemutihan karang cenderung terjadi Ketika adanya perubahan suhu yang meningkat secara signifikan dalam jangka waktu yang cepat ataupun secara perlahan dalam jangka waktu yang panjang. Peristiwa *bleaching* yang terjadi di perairan spermonde khususnya di Pulau Badi mengakibatkan sekitar 85% komunitas karang keras terkena *bleaching*, selain itu karang lunak sekitar 11%, dan biota lain sekitar 5% (Yusuf *et al.*, 2009). Pada tahun 2015 hingga 2016 telah terjadi fenomena EL Nino yang menyebabkan beberapa daerah di perairan Indonesia mengalami perubahan suhu permukaan laut seperti di Aceh, Karimunjawa, Lombok, Sulawesi, dan daerah lainnya (Pardede *et al.*, 2016). Perubahan suhu yang terjadi memakan waktu dalam hitungan minggu atau bulan, sehingga memiliki dampak terhadap ketahanan hidup karang.

Berdasarkan studi Pustaka, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi ketahanan (*resistance*) dan kelentingan terumbu karang terhadap pemutihan (West and Salm 2003). Faktor-faktor tersebut adalah:

- Faktor yang menurunkan suhu (seperti *upwelling* local, jarak yang dekat ke laut dalam).
- Faktor yang mengurangi tingkat paparan terhadap radiasi cahaya.
- Faktor yang meningkatkan pergerakan air dan menghanyutkan zat-zat kimia yang berbahaya.
- Faktor yang mengindikasikan potensial pre-adaptasi kepada suhu dan tekanan lain.
- Faktor yang mengindikasikan potensial penyembuhan yang kuat (seperti larva karang yang melimpah dan tingkat perekrutan larva yang tinggi).
- Faktor yang meningkatkan transport larva ke daerah tersebut.
- Faktor yang meningkatkan kondisi yang baik bagi perekrutan larva.