

**PENGARUH KONSENTRASI NITRAT DAN FOSFAT
PERAIRAN TERHADAP LAJU PERTUMBUHAN KARANG
ACROPORA YANG TRANSPLANTASIKAN DI PERAIRAN
KABUPATEN BONE**

**LALU PENTA FEBRI SURYADI
L012201014**



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

**PENGARUH KONSENTRASI NITRAT DAN FOSFAT PERAIRAN
TERHADAP LAJU PERTUMBUHAN KARANG *ACROPORA* YANG
TRANSPLANTASIKAN DI PERAIRAN KABUPATEN BONE**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelas magister

Program Studi Magister Ilmu Perikanan

Disusun dan diajukan oleh

LALU PENTA FEBRI SURYADI
L012201014

kepada

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

TESIS

PENGARUH KONSENTRASI NITRAT DAN FOSFAT PERAIRAN
TERHADAP LAJU PERTUMBUHAN KARANG *ACROPORA* YANG
TRANSPLANTASIKAN DI PERAIRAN KABUPATEN BONE

LALU PENTA FEBRI SURYADI

NIM : L012201014

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Ilmu Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin

pada tanggal 26 September 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si
NIP.19651209 199202 1 001

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Dewi Yanuarita, M.Si
NIP.19580102 198702 2 001

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Perikanan

Prof. Dr. Ir. Zainuddin, M.Si
NIP. 19640721 199103 1 001

Dekan Fakultas Ilmu Kelautan
dan Perikanan
Universitas Hasanuddin

Safuddin, S.Pi, MP, Ph.D
NIP. 19750611 200312 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul “Pengaruh Konsentrasi Nitrat Dan Fosfat Perairan Terhadap Laju Pertumbuhan Karang *Acropora* Yang Transplantasikan Di Perairan Kabupaten Bone” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si sebagai pembimbing utama dan Dr. Ir. Dewi Yanuarita, M.Si sebagai pembimbing pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini akan dipublikasikan di Jurnal Sains dan Teknologi, Universitas Pendidikan Ganesha, Vol.11, No.02, Oktober 2022, sebagai artikel dengan judul Corellation Of Nitrate And Phosphate Level Of Waters On Zooxhantellae Density On The Coral Polyp *Acropora Loisseteae* Transplanted In Waters Of Bone County.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 26 September 2022



Lalu Penta Febri Suryadi
NIM L012201014

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Pengaruh Konsentrasi Nitrat Dan Fosfat Perairan Terhadap Laju Pertumbuhan Karang *Acropora* Yang Transplantasikan di Perairan Kabupaten Bone”. Laporan penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi magister Ilmu Perikanan di Sekolah Pascasarjana, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak yang merupakan sumber acuan dalam keberhasilan penyelesaian laporan thesis ini. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si. dan Ibu Dr. Ir. Dewi Yanuarita, M. Si selaku pembimbing penelitian yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis dalam melakukan penyusunan laporan ini.
2. Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Chair Rani, M.Si. dan Dr. Sri Wahyuni Rahim, ST., M.Si yang banyak memberikan masukan untuk penelitian ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Zainuddin, M. Si selaku ketua Program Studi atas bimbingannya dalam penyusunan laporan penelitian ini.
4. Pusat Pendidikan Kelautan dan Perikanan yang telah mensupport kegiatan penelitian ini.
5. Keluarga yang tak hentinya memberikan dukungan kepada penulis
6. Rekan-rekan seperjuangan Ilmu Perikanan Pascasarjana Angkatan 2020
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa mungkin terdapat kekurangan dalam penyelesaian laporan thesis ini. Oleh karena itu, komentar dan saran dari semua pihak sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan penyusunan laporan ini.

Akhir kata, penulis berharap agar laporan penelitian ini bermanfaat untuk kepentingan bersama dan segala amal baik serta jasa dari pihak yang turut memantu penulis diterima oleh Allah SWT dan mendapat berkah serta karunia-Nya.

Makassar, 26 September 2022



Lalu Penta Febri Suryadi

ABSTRAK

SURYADI. Pengaruh Konsentrasi Nitrat Dan Fosfat Perairan Terhadap Laju Pertumbuhan Karang *Acropora* Yang Transplantasikan di Perairan Kabupaten Bone. (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si. dan Dr. Ir. Dewi Yanuarita, M. Si)

Karang adalah hewan yang bersimbiosis dengan alga *zooxanthellae*, *zooxanthellae* membutuhkan unsur hara makro untuk metabolisme. Unsur hara Makro tersebut salah satunya adalah nitrat dan fosfat. Sebagian besar nitrat dan fosfat yang dibutuhkan *zooxanthellae* berasal dari sisa metabolisme karang, sisanya didapatkan dari perairan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat perbedaan kadar nitrat, kadar fosfat, densitas *zooxanthellae* dan pertumbuhan karang yang ditransplantasikan di 4 lokasi yang berbeda jaraknya dengan daratan. Penelitian ini juga bertujuan untuk melihat hubungan nitrat dan fosfat perairan dengan densitas *zooxanthellae* dan laju pertumbuhan karang *Acropora formosa* yang ditransplantasikan di perairan terumbu karang Kabupaten Bone. Penelitian ini dilakukan selama \pm 3 bulan, transplantasi dilakukan di 4 titik, dari St.1, St.2, St.3 dan St.4 dengan jarak dari daratan adalah 8 km, 11 km, 14 km dan 17 km. Data nitrat fosfat dan oceanografi diambil 2 kali/bulan, sedangkan data pertumbuhan dan *zooxanthellae* diambil 1 kali/bulan. Hasil penelitian menunjukkan kadar nitrat dan fosfat di 4 stasiun yang berbeda jaraknya dengan daratan tidak memiliki perbedaan. Terdapat perbedaan densitas *zooxanthellae* pada T1, perbedaan densitas *zooxanthellae* di stasiun tiga dan empat. Perbedaan densitas *zooxanthellae* juga terdapat pada T3, perbedaan densitas *zooxanthellae* di stasiun empat dengan stasiun satu dan stasiun tiga. Laju pertumbuhan karang di 4 stasiun pengamatan yang berbeda jaraknya dengan daratan tidak memiliki perbedaan. Kadar nitrat perairan tidak memiliki hubungan dengan densitas *zooxanthellae* dan pertumbuhan karang. Kadar fosfat perairan tidak memiliki hubungan dengan densitas *zooxanthellae*. Densitas *zooxanthellae* tidak memiliki hubungan dengan laju pertumbuhan karang.

Kata Kunci: Nitrat, Fosfat, *zooxanthellae*, karang

ABSTRAK

SURYADI. Effect of Nitrate And Phosphate Concentrations Of Waters On The Growth Rate Of Transplanted Acropora Corals In Bone District Waters (supervised by Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si. and Dr. Ir. Dewi Yanuarita, M. Si

Corals are animals that are symbiotic with zooxanthellae algae, zooxanthellae need macronutrients for metabolism. One of these macro nutrients is nitrates and phosphates. Most of the nitrates and phosphates that zooxanthellae need come from coral metabolic waste, the rest are obtained from waters. This study aimed to see differences in nitrate levels, phosphate levels, zooxanthellae density and growth of transplanted corals in 4 different locations at different distances from land. This study also aims to see the relationship of nitrates and phosphates of waters with zooxanthellae density and growth rate of *Acropora formosa* corals transplanted in the coral reef waters of Bone Regency. The study was carried out for \pm 3 months, transplantation was carried out at 4 points, from St.1, St.2, St.3 and St.4 with distances from the mainland being 8 km, 11 km, 14 km and 17 km. Nitrate phosphate and oceanography data were taken 2 times/month, while growth data and zooxanthellae were taken 1 time/month. The results showed that nitrate and phosphate levels at 4 stations that differed in distance from the mainland had no difference. There are differences in zooxanthellae density in T1, differences in zooxanthellae density at stations three and four. The difference in zooxanthellae density is also found in T3, the difference in zooxanthellae density at station four with station one and station three. The growth rate of corals at 4 observation stations that differ in distance from the mainland has no difference. Water nitrate levels have no relationship with zooxanthellae density and coral growth. Water phosphate levels have no relationship with zooxanthellae density. Zooxanthellae density has no relationship with coral growth rate.

Keyword: Nitrate, Phospate, zooxanthellae, coral

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK bahasa Indonesia.....	vi
ABSTRAK bahasa inggris.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Terumbu Karang	4
2.2. Transplantasi Karang.....	6
2.3. Faktor Lingkungan Yang Mempengaruhi Kehidupan Karang.....	7
2.4. Nitrat dan Fosfat	11
2.5. Hipotesis.....	13
2.6. Kerangka Pikir.....	13
BAB III. Metode Penelitian	14
3.1. Waktu dan Tempat.....	14
3.2. Alat dan Bahan.....	14
3.3. Prosedur Penelitian.....	15
BAB IV. HASIL	21
4.1. Kadar Nitrat Perairan	21
4.2. Kadar Fosfat Perairan.....	22
4.3. Densitas <i>zooxanthellae</i>	23

4.4. Pertumbuhan Karang.....	24
4.5. Parameter Oseanografi	25
4.6. Korelasi Antara Kadar Nitrat perairan Dengan Densitas <i>zooxanthellae</i>	27
4.7. Korelasi Antara Kadar Fosfat perairan Dengan Densitas <i>zooxanthellae</i>	27
4.8. Korelasi Densitas <i>zooxanthellae</i> dengan laju Pertumbuhan Karang.....	28
4.9. Korelasi antara Parameter Kualitas Air dengan Densitas <i>zooxanthellae</i>	29
BAB V. PEMBAHASAN	30
5.1. Kadar Nitrat Perairan	30
5.2. Kadar Fosfat Perairan.....	31
5.3. Densitas <i>zooxanthellae</i>	32
5.4. Pertumbuhan Karang.....	33
5.5. Parameter Oseanografi	34
5.6. Korelasi Antara Kadar Nitrat perairan Dengan Densitas <i>zooxanthellae</i>	35
5.7. Korelasi Antara Kadar Fosfat perairan Dengan Densitas <i>zooxanthellae</i>	36
5.8. Korelasi Densitas <i>zooxanthellae</i> dengan laju Pertumbuhan Karang.....	37
5.9. Korelasi antara Parameter Kualitas Air dengan Densitas <i>zooxanthellae</i>	37
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
6.1. Kesimpulan	38
6.2. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Vektor arus di Teluk Bone	9
Gambar 2. Sebaran Nitrat di Perairan Spermonde	11
Gambar 3. Sebaran Fosfat di Perairan Spermonde.....	11
Gambar 4. Bagan Kerangka Pikir Penelitian.....	12
Gambar 5. Lokasi Pengambilan Data.....	14
Gambar 6. Meja Transplantasi	15
Gambar 7. Karang <i>Acropora loisetteae</i>	16
Gambar 8. Cara Pengukuran Panjang Karang	16
Gambar 9. Kadar nitrat perairan	20
Gambar 10. Kadar fosfat perairan	21
Gambar 11. Grafik densitas <i>zooxhantellae</i>	22
Gambar 12. Grafik rata- rata pertumbuhan karang.....	24

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kriteria Tingkat kesuburan pada perairan dengan salinitas diatas 25 ppt	12
Tabel 2. Alat dan Bahan	14
Tabel 3. Hasil pengukuran parameter kualitas air.....	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Statistik	44
Lampiran 2. Foto alat dan bahan	55
Lampiran 3. Foto Kegiatan penelitian	59
Lampiran 4. Pola Arus Teluk Bone	63

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagian besar kondisi terumbu karang di Indonesia berada dalam kondisi sangat buruk (Hadi *et al.*, 2018), yang disebabkan oleh faktor alami maupun antropogenik. Tiap wilayah mempunyai perbedaan masalah antropogenik yang mempengaruhi kondisi terumbu karang di daerah tersebut. Di wilayah Timur dan Tengah Indonesia penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan (terutama dengan bom dan sianida) masih sering terjadi (Hadi *et al.*, 2018). Atau hal lain seperti di Perairan Wini Nusa Tenggara Timur, kerusakan terumbu karang terjadi karena penambangan karang oleh masyarakat (Manlea *et al.*, 2016). Selain itu, kerusakan terumbu karang dapat juga disebabkan aktivitas pengangkatan artefak bawah air, dibuktikan dengan rendahnya tutupan karang hidup dan banyaknya patahan karang di sekitar lokasi pengangkatan artefak (Johan *et al.*, 2018).

Kondisi ekosistem terumbu karang di perairan Kabupaten Bone masuk dalam kategori rusak (Irwan, *et al.*, 2018). Penelitian yang dilakukan Irwan *et al.* (2018) menunjukkan dari 5 stasiun pengamatan yang ada di Perairan Kabupaten Bone, 4 stasiunnya didapatkan dengan tutupan karang dengan kategori rusak atau tutupan di bawah 25% dan hanya pada 1 stasiun tutupan karangnya dalam kategori sedang yaitu dengan tutupan 26%. Dengan kondisi terumbu karang yang rusak dan mendapat tekanan terus menerus dari aktivitas manusia maka perlu dilakukan rehabilitasi ekosistem terumbu karang.

Rehabilitasi karang bertujuan untuk memulihkan kondisi terumbu karang yang telah rusak. Salah satu cara melakukan rehabilitasi adalah dengan melakukan transplantasi karang dengan menggunakan struktur buatan untuk tempat menempelnya karang (Sadili *et al.*, 2015)

Transplantasi merupakan salah satu cara rehabilitasi terumbu karang yang sering dilakukan. Dalam melakukan rehabilitasi ada beberapa faktor yang menjadi pertimbangan yaitu metode rehabilitasi yang cocok, jenis karang yang digunakan, dan faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan karang yang ditransplantasi. Transplantasi terumbu karang biasanya menggunakan karang jenis *Acropora* karena memiliki laju pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan jenis lain, *Acropora formosa* dapat tumbuh mencapai 1,3 cm/ bulan atau 15,6 cm/ tahun (Runtawene *et al.*, 2020), sedangkan karang jenis lain seperti *Porites lueta* hanya dapat tumbuh sepanjang 0,40 – 0,68 cm/tahun (Luthfi *et al.*, 2016).

Hewan karang memperoleh energi dengan dua cara yaitu dengan memakan plankton di perairan dan bersimbiosis dengan alga yaitu *zooxanthellae*. Simbiosis dengan *zooxanthellae* sangat penting dalam kelangsungan hidup hewan karang, karena hewan karang memperoleh sebagian besar energinya dari hasil fotosintesis *zooxanthellae* (Hadi *et al*, 2018).

Densitas *zooxanthellae* sangat dipengaruhi oleh keberadaan nitrat dan fosfat, semakin tinggi nitrat dan fosfat pada polip karang maka semakin tinggi juga densitas *zooxanthellae* (Pangaribuan *et al.*, 2013). *Zooxanthellae* memperoleh nutrisinya melalui dua cara yaitu dari sisa metabolisme karang dan dari perairan sekitar (Ismail, 2010). Dengan demikian nitrat dan fosfat di perairan dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan karang.

Kadar nitrat di perairan sangat dipengaruhi oleh aktivitas di daratan, karenanya semakin dekat perairan dengan daratan maka kadar nitrat akan semakin tinggi (Faizal *et al.*, 2012). Hal ini dapat menyebabkan perbedaan pertumbuhan karang di perairan yang dekat dengan daratan dan jauh dari daratan.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah ada perbedaan kadar nitrat dan fosfat di setiap stasiun yang berbeda jaraknya dengan daratan?.
2. Apakah ada perbedaan densitas *zooxanthellae* pada polip karang yang ditransplantasi pada jarak yang berbeda dari daratan.
3. Apakah ada perbedaan pertumbuhan karang yang di transplantasi pada lokasi yang berbeda jaraknya dengan daratan?.
4. Apakah nitrat dan fosfat perairan berpengaruh terhadap densitas *zooxanthellae* dan pertumbuhan karang transplantasi?.

Karang merupakan hewan dengan pertumbuhan yang lambat, hal ini bisa diperparah dengan kondisi perairan yang tidak sesuai. Karang mendapatkan sebagian besar energinya dari hasil fotosintesis alga yang bersimbiosis dengan hewan karang yaitu *zooxanthellae*. *Zooxanthellae* membutuhkan nitrat dan fosfat dalam kehidupannya, nitrat dan fosfat tersebut didapat dari dua sumber yaitu sisa metabolisme hewan karang dan perairan di sekitarnya.

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah pengaruh kadar nitrat dan fosfat perairan terhadap laju pertumbuhan karang yang ditransplantasikan.

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis perbedaan kadar nitrat dan fosfat di area transplantasi karang.
2. Menganalisis perbedaan densitas *zooxanthellae* pada karang yang ditransplantasi di lokasi yang berbeda jaraknya dari daratan.
3. Menganalisis perbedaan pertumbuhan karang yang di transplantasi di lokasi yang berbeda jaraknya dari daratan.
4. Menganalisis hubungan nitrat dan fosfat perairan dengan densitas *zooxanthellae* dan pertumbuhan karang transplantasi.

1.4. Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam menentukan lokasi transplantasi yang tepat agar rehabilitasi dapat berjalan lebih optimal.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Terumbu karang

Pembentuk utama terumbu karang adalah karang *Scleractinia* atau hard coral yang dapat menghasilkan kalsium karbonat (Zubra, 2019). Pada umumnya karang keras adalah berbentuk koloni yaitu kumpulan dari banyak individu. Dalam hal ini, satu individu karang diwakili oleh satu polip yang tersusun atas saluran pencernaan yang sederhana dan tiga lapisan tubuh. Untuk tegaknya seluruh jaringan, *polip* didukung oleh kerangka kapur yang merupakan hasil sekresi. Kerangka kapur ini diendapkan di bawah dan membentuk pola/alur yang berbeda antara jenisnya. Pola dan bentuk dari kerangka kapur inilah yang menjadi dasar penamaan jenis-jenis karang secara konvensional. Hal ini juga berlaku untuk karang yang soliter (hanya terdiri dari satu *polip* saja) (Hadi *et al.*, 2018)

Ekosistem terumbu karang memiliki manfaat langsung dan tidak langsung. Sebagai salah satu ekosistem utama di kawasan pesisir, secara fisik terumbu karang memiliki peran sebagai pelindung pantai dari hempasan arus dan gelombang. Secara ekologis memiliki peran sebagai habitat bagi berbagai biota laut untuk tempat berlindung, mencari makan, untuk daerah pemijahan dan daerah asuhan. Selain itu, dengan keelokan dan keindahannya, terumbu karang dapat menjadi salah satu objek daya tarik wisata bahari (Saptarini *et al.*, 2016)

Secara ekonomis terumbu karang berfungsi sebagai penyedia sumber daya ikan yang dapat menyumbang 290 kg/ha/tahun, atau dengan suatu perhitungan bisa dikatakan bahwa terumbu karang dapat menyumbang Rp. 7.339.900/ha/tahun (Ramadhan *et al.*, 2016). Nelayan yang menangkap ikan di sekitar terumbu karang mendapatkan penghasilan rata-rata Rp. 82.569.166/tahun atau Rp 6.880.764/ bulan (Ramadhan *et al.*, 2016)

Sebagai hewan, karang memperoleh energinya dari makanan yang ditangkap oleh tentakel-tentakel di sekitar mulutnya. Selain itu, karena proses evolusi yang panjang, karang bersimbiosis dengan alga bersel satu (*symbiodinium*) yang mampu berfotosintesis sehingga karang dapat memperoleh lebih banyak energi dengan memanfaatkan sinar matahari. Dengan cara-cara demikian karang mampu tumbuh dan berkembang dengan baik. Pada kondisi normal, karang masif dapat mencapai pertumbuhan hingga sekitar 20 mm/ tahun dan untuk karang bercabang dapat mencapai pertumbuhan hingga 100 mm/tahun. Pertumbuhan Karang umumnya lebih banyak terjadi pada bagian tepi dari karang, sedangkan bagian tengah umumnya untuk reproduksi (Hadi *et al.*, 2018).

Karang bereproduksi baik secara seksual maupun aseksual. Reproduksi seksual terjadi melalui pertemuan antara sel telur dan sperma baik itu di kolom air (untuk karang-karang tipe *spawner*) ataupun di dalam tubuh karang (untuk karang-karang tipe *brooder*). Secara aseksual karang berkembang dengan membentuk tunas baik di dalam maupun di luar individu lama. Karang juga dapat ditransplantasi yaitu dengan mengambil sebagian tubuh dari karang untuk ditanam menjadi koloni atau individu baru (Hadi *et al.*, 2018)

Secara umum karang dari Family *Acroporidae* memiliki kecepatan tumbuh yang relatif sama. Metode transplantasi dan faktor lingkungan berkaitan dengan perbedaan pertumbuhan dari karang yang ditransplantasikan (Rani *et al.*, 2017). *Acropora* adalah jenis karang yang lebih peka terhadap lingkungan jika dibandingkan dengan *Porites cylindrica* dan *Pocillopora verrucosa*, akan tetapi pada media transplantasi *Acropora* memiliki tingkat kelangsungan hidup yang lebih tinggi dibandingkan yang lainnya (Rani *et al.*, 2017).

Bertemunya *zooxanthellae* dengan karang dengan peluang yang tinggi karena karang hidup menetap dan *zooxanthellae* melayang pada badan air, Hal inilah yang mendasari kejadian simbiosis antara *zooxanthellae* dengan karang dalam ekosistem laut. Bertemunya keduanya mendapat peluang yang besar oleh adanya kondisi dinamik air laut (Rembet, 2012)

Densitas *zooxanthellae* pada tiap model pertumbuhan karang berbeda, karang tipe *Acropora branching* memiliki kandungan *zooxanthellae* yang lebih tinggi dari model pertumbuhan yang lain, dan model pertumbuhan *foliose* memiliki kandungan densitas *zooxanthellae* yang lebih rendah dari model pertumbuhan yang lain (Asmiati *et al.*, 2017).

Intensitas cahaya yang tinggi dan terus menerus dapat menurunkan kadar klorofil-a pada *zooxanthellae*, sedangkan pada cahaya yang rendah (3800 lux), kadar klorofil-a tetap stabil hal ini disebabkan oleh intensitas cahaya yang rendah mampu membuat klorofil-a memaksimalkan kinerja penyerapan cahaya. Perbedaan intensitas cahaya tidak berpengaruh terhadap kandungan klorofil-c (Sayekti *et al.*, 2017).

Kadar TSS berpengaruh Negatif terhadap densitas *zooxanthellae* hal ini terjadi karena TSS yang tinggi akan menyebabkan kekeruhan yang tinggi juga dan kekeruhan yang tinggi akan menghambat fotosintesis. TSS yang tinggi juga akan mempengaruhi laju sedimentasi, jika sedimentasinya sudah melewati toleransi polip karang maka akan terjadi kematian (Rizka *et al.*, 2020).

2.2. Transplantasi karang

Salah satu upaya dalam melakukan pelestarian ekosistem terumbu karang yaitu dengan melakukan transplantasi karang. Saat ini Kegiatan transplantasi karang telah banyak dilakukan guna memulihkan ekosistem terumbu karang yang rusak akibat aktivitas antropogenik. Transplantasi karang bertujuan untuk memulihkan kondisi karang yang telah rusak dengan cara memindahkan Karang yang masih sehat ke lokasi rehabilitasi dan bibit karang diambil dari sekitar lokasi tersebut (Sjafri *et al.*, 2015).

Transplantasi karang telah banyak mengalami perkembangan dan inovasi. Salah satu metode transplantasi karang yang sering digunakan yaitu Metode jaring laba-laba (*Web Spider*). Menurut Williams *et al* (2018) Metode jaring laba-laba (*Web Spider*) di gunakan dengan pertimbangan sebagai berikut: (1) Struktur dari rangka yang dibuat merupakan material yang murah untuk merehabilitasi terumbu karang, (2) Rangka memberikan alur air sehingga tidak mudah terhempas gelombang, (3) Rangka berfungsi menjebak pecahan karang dan menstabilkan substrat secara efektif, dan (4) Mendukung rekrutmen, pertumbuhan dan keanekaragaman karang yang tinggi.

Selain itu, metode jaring laba-laba (*Web Spider*) sangat efektif digunakan dalam merehabilitasi terumbu karang untuk genus *Acropora*, *Porites* dan *Pocillopora* pada kedalaman 3 – 4 meter (Rani *et al.*, 2017). Hal ini juga ditunjukkan pada hasil penelitian Subhan (2020) pertumbuhan karang *Acropora loripes* dengan menggunakan model *spider* menghasilkan nilai signifikan dengan total pertumbuhan 0,14 – 0,21 cm/minggu.

Sumber bibit karang dan substrat merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan transplantasi karang. Sumber bibit karang yang akan ditransplantasikan diupayakan bersumber dari hasil transplantasi sebelumnya ataupun dari alam di sekitar lokasi transplantasi (Sadili *et al.*, 2015). Hal ini bertujuan untuk menghindari stres pada bibit karang selama kegiatan transplantasi. Selain itu, pemotongan bibit karang juga harus dilakukan di dalam air guna meningkatkan keberhasilan kegiatan transplantasi (Rahman, 2018).

Substrat adalah media tempel bagi fragmen karang yang akan ditransplantasikan (Sadili *et al.*, 2015). Pada transplantasi menggunakan media meja dan substrat, pengikatan fragmen karang dilakukan pada batang substrat dengan menggunakan kebel *tis*. Hal ini bertujuan agar karang dapat merekat dengan baik pada batang substrat. fragmen karang yang telah diikat selanjutnya

diberikan tanda sampel guna membantu dalam mengidentifikasi laju pertumbuhan karang selama proses kegiatan transplantasi berlangsung (Runtunawa *et al.*, 2018).

Suatu faktor penentu lainnya dari keberhasilan transplantasi terumbu karang adalah tingkat kelangsungan hidup. Tingkat Kelangsungan hidup karang yang ditransplantasikan dengan metode perekatan semen lebih tinggi dari pada tingkat kelangsungan hidup karang yang ditransplantasikan dengan perekat klem plastik (Erika *et al.*, 2019). Selain itu, lokasi penempatan media transplantasi juga sangat berpengaruh terhadap keberhasilan transplantasi karang. Menurut Rahman *et al.*, (2018) jenis karang *Acropora tenuis* yang di tempatkan pada kedalaman 3 meter memiliki pertumbuhan lebih baik jika dibandingkan dengan karang yang berada pada kedalaman 1 atau 7 meter.

2.3. Faktor Lingkungan Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Terumbu Karang

2.3.1. Cahaya

Pertumbuhan karang dipengaruhi oleh beberapa faktor pembatas seperti kecerahan, cahaya, suhu, salinitas, arus dan substrat (Levinton, 1982 *dalam* Muchlis, 2019). Intensitas cahaya merupakan salah satu faktor pembatas yang sangat mempengaruhi kehidupan terumbu karang, karena cahaya berperan penting dalam proses fotosintesis oleh *zooxanthellae*. Perbedaan intensitas cahaya akan berpengaruh terhadap kandungan klorofil pada *zooxanthellae* (Sayekti *et al.*, 2017). Intensitas cahaya sangat dipengaruhi oleh kedalaman perairan dan kekeruhan perairan (Maturbongs, 2015). Cahaya merupakan faktor penting dalam fotosintesis yang dilakukan oleh *zooxanthellae* yang merupakan simbion dari terumbu karang, karenanya kecerahan perairan menjadi hal yang sangat penting dalam pertumbuhan karang (Johan dan Herminawati, 2015 *dalam* AI, 2017).

Salah satu parameter yang penting untuk dianalisis karena perannya yang signifikan terhadap ekosistem terumbu karang adalah kekeruhan air laut. Pada saat air pasang menuju surut kekeruhan cenderung lebih tinggi karena partikel sedimen ikut terbawa ke lepas pantai oleh air arus (Corvianawatie dan Abrar, 2018).

2.3.2. Suhu

Karang masih mempunyai batasan toleransi terhadap kondisi suhu lingkungan. Suhu minimum 15°C dan maksimum 36°C merupakan batasan toleransi karang yang masih dapat mempertahankan hidupnya (Johan dan Herminawati, 2015). Suhu Optimal untuk pertumbuhan Karang adalah 27-29 °C

(Giyanto *et al.*, 2017) Peningkatan suhu lebih dari 28°C memberikan pengaruh terhadap densitas *zooxanthellae* pada terumbu karang dan pada suhu 34°C karang hanya bertahan hidup kurang dari 4 minggu (Patty *et al.*, 2018).

Peningkatan suhu air laut dapat menyebabkan hewan yang bersimbiosis dengan karang melepaskan diri dari karang sehingga terjadilah proses pemutihan karang, selain suhu salinitas juga dapat menyebabkan pemutihan karang (Soedharma *et al.*, 2016).

2.3.3. Salinitas

Salinitas didefinisikan sebagai berat dalam gram dari semua zat padat yang terlarut dalam 1 kilo gram air laut. Nilai salinitas biasanya dinyatakan dalam g/kg yang umumnya dituliskan dalam ‰ atau ppt yaitu singkatan dari part-per-thousand (Arief, 1984). Salinitas di perairan dapat menjadi rendah karena adanya pengaruh dari daratan. Air tawar yang masuk ke perairan melalui sungai bercampur dengan air laut sehingga menyebabkan salinitas menjadi rendah (Patty dan Akbar, 2018).

Salinitas merupakan parameter yang sangat berpengaruh pada pertumbuhan karang (Tito *et al.*, 2015). Selain itu, Menurut Eliza (1992), salinitas yang ideal untuk pertumbuhan dan perkembangan karang berkisar antara 25-40 ppt. Penelitian yang dilakukan Sifa *et al* (2020) menyimpulkan penurunan densitas *zooxanthellae* dapat disebabkan oleh salinitas air yang rendah dan salinitas air yang tinggi.

2.3.4. Arus

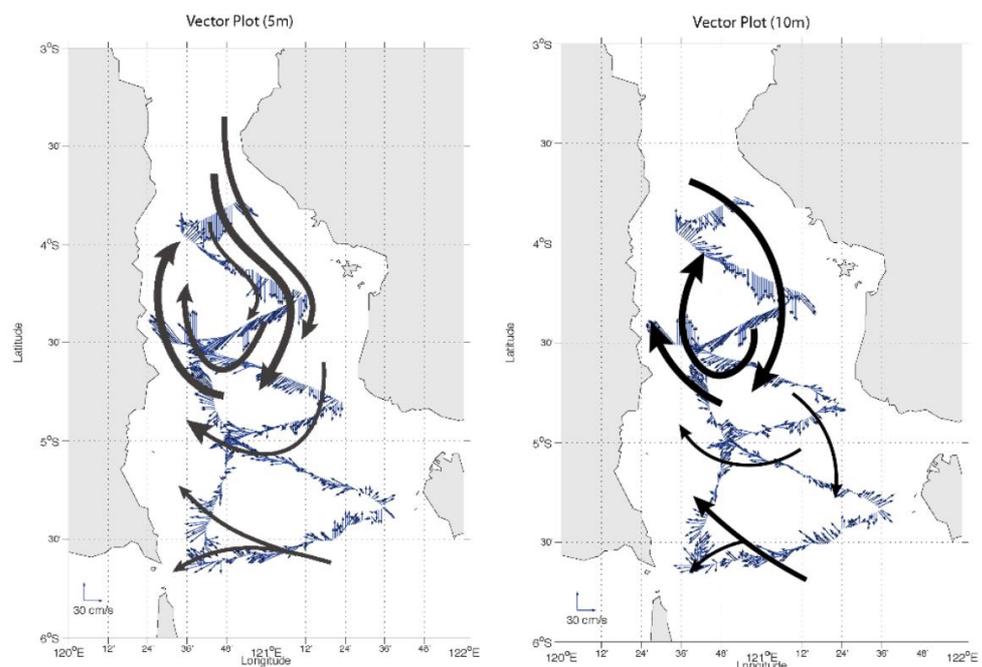
Kecepatan arus memiliki hubungan yang sangat tinggi dengan persentase terumbu karang hidup, mungkin hal ini dikarenakan arus akan membawa oksigen yang dibutuhkan hewan karang dan kekuatan arus mempengaruhi jumlah makanan yang terbawa dan mempengaruhi kecepatan pertumbuhan binatang karang (Andaris *et al.*, 2015 dalam Isnaeni *et al.*, 2015).

Arus bisa memberikan dampak negatif terhadap pertumbuhan karang apabila arus tersebut membawa sedimentasi, dan akan memberikan dampak positif apabila arus tersebut membawa nutrisi yang dibutuhkan untuk karang (Sadili *et al.*, 2015). kondisi terumbu karang yang baik cenderung terjadi pada kecepatan arus yang lebih besar 0,002 m/detik (Ekayogiharso *et al.*, 2014).

Kecepatan arus di BUNDER Banyuwangi tidak cepat dan cenderung menuju ke arah selatan tetapi sangat mempengaruhi pertumbuhan terumbu karang. banyak terumbu karang yang tumbuh di bagian selatan karena arah arus yang cenderung ke selatan (Aprillita dan lutfi, 2019).

Pola pergerakan larva karang akan mengikuti pola arus sehingga pergerakannya bolak-balik mengikuti pola arus di daerah tersebut (Narulita *et al.*, 2018). Arus juga berperan terhadap endapan sedimen, pada perairan dengan kecepatan arus tinggi, endapan sedimen sedikit dan pada perairan dengan kecepatan arus rendah, endapan sedimen menjadi lebih banyak (Prasetyo *et al.*, 2018).

Arus dan gelombang yang terlalu kuat bisa membuat karang patah, patahan karang bisa pulih kembali jika arus tidak terlalu kuat, karena larva karang bisa menempel kembali pada substrat karang yang telah mati, sehingga akan terjadi pemulihan secara alami, akan tetapi jika substrat terus bergerak karena arus dan gelombang yang kuat maka larva karang tidak bisa menempel pada fragmen yang telah mati tersebut (Wijaya *et al.*, 2017).



Gambar 1. Vektor arus pada 15-19 Oktober 2014 di kedalaman di Teluk Bone (Widiastuti, 2020)

Pola arus di teluk Bone mengalami pola resirkulasi siklonik dari utara ke selatan dan menunjukkan adanya pembentukan *eddy* (Widiyastuti, 2020). Pola arus di teluk Bone dominan ke arah timur mulai bulan Januari sampai April, sedangkan arus dominan ke barat terjadi pada bulan Mei sampai Desember (Norman *et al.* 2012)

2.3.5. Sedimentasi

Laju sedimentasi adalah suatu proses pengendapan sedimen yang

disebabkan oleh sifat mekanis materi tersuspensi di air atau proses pembentukan dan akumulasi sedimen pada lapisan permukaan dasar perairan dalam setiap satuan waktu (Haekal *et al.*, 2014). Sedimentasi memberikan pengaruh negatif terhadap pertumbuhan karang, hasil penelitian di Teluk Lampung menunjukkan Semakin tinggi sedimentasi maka tutupan karang akan semakin rendah.

Umumnya kematian terumbu karang adalah akibat dari terjadinya pengendapan sedimen tersuspensi ke dasar perairan tempat terumbu karang berada. sehingga laju sedimentasi yang sangat tinggi dapat mematikan polip karang dan mempengaruhi tutupan karang hidup. Seperti diketahui terumbu karang akan tumbuh dengan baik pada substrat pasir kasar, sebaliknya akan terganggu pertumbuhannya pada substrat perairan yang berlumpur (Suharsono, 2008).

Selain membuat tutupan yang rendah keragaman terumbu karang juga menjadirendah (Barus *et al.*, 2018). Selain itu sedimentasi juga berpengaruh pada rekrutmen karang, rekrutmen karang mengalami penurunan atau bahkan tidak terjadi pada daerah yang memiliki laju sedimentasi yang tinggi (Subhan dan Afu, 2017)

2.3.6. Plankton

Ada korelasi yang erat antara tutupan terumbu karang dengan kelimpahan plankton di perairan sekitarnya, semakin tinggi tutupan terumbu karang maka semakin tinggi juga kelimpahan plankton di perairan tersebut (Puspitasari *et al.*, 2019). Kelimpahan *phytoplankton* yang tinggi pada ekosistem terumbu karang disebabkan oleh tingginya kecerahan perairan pada ekosistem terumbu karang, karena kecerahan yang tinggi mempermudah *phytoplankton* berfotosintesis (Suryadi dan Kelana, 2017).

Phytoplankton berperan sebagai produsen yang dapat memberikan energi bagi organismelainnya (Desyana *et al.*, 2017). Biomassa *phytoplankton* bervariasi menurut musim, maksimum padabulan Februari hingga Maret, dan minimum pada bulan Juni hingga Agustus (Tuwo dan Tresnati, 2020)

Phytoplankton menggunakan amonia di perairan secara langsung untuk mensintesis asam amino melalui proses transmisi (Mann, 1982 dalam Irawati *et al.*, 2013). Dalam kondisi aerobik maupun anaerobik nitrat lebih banyak dijumpai di perairan namun *Phytoplankton* lebih banyak menyerap amonia dibandingkan nitrat (Welch, 1980 dalam Irawati *et al.*, 2013)

Cahaya bisa menjadi faktor pembatas pertumbuhan *phytoplankton* Ketika unsur hara tinggi, kekeruhan tinggi dan kedalaman tercampur lebih dari lima kali

kedalaman eutropik. (Irawati *et al.*, 2013). Faktor pembatas *phytoplankton* didaerah estuari yang memiliki turbiditas tinggi adalah cahaya bukan nutrient (Irawati *et al.*,2013)

2.4. Nitrat dan Fosfat

2.4.1. Peranan nitrat dan fosfat

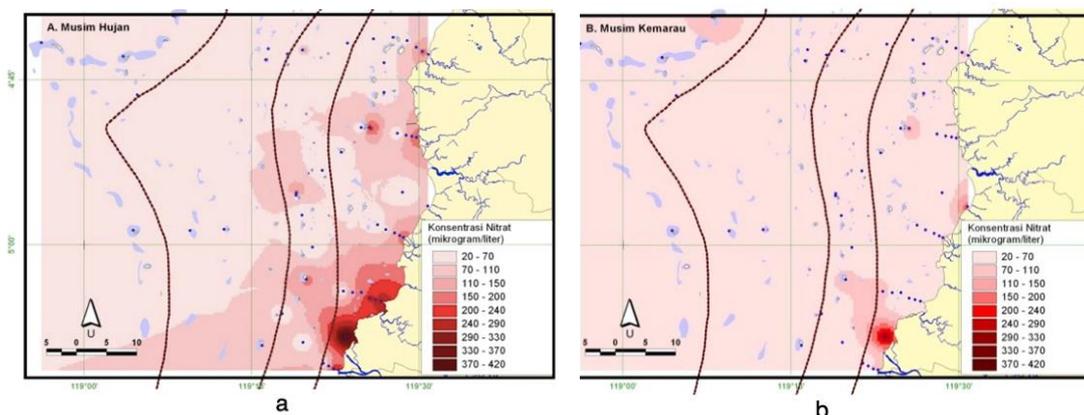
Penurunan kepadatan *zooxanthellae* dapat menyebabkan penurunan produktivitas terumbu karang, hal ini dapat dipengaruhi oleh tingginya nitrat dan suhu (Nordemar *et al.*, 2003). Organisme karang, tingkat pertumbuhan, reproduksi karang kematian dan kepadatan *zooxanthellae* dipengaruhi oleh kontaminasi fosfat (Dunn *et al.*, 2012). Kandungan nitrat dan fosfat pada polip karang memiliki hubungan yang positif dengan densitas *zooxanthellae* pada polip karang, semakin tinggi kadar nitrat dan fosfat pada polip karang maka semakin tinggi densitas *zooxanthellae* pada polip karang (Pangaribuan *et al.*, 2013). Kadar nitrat untuk biota laut adalah 0,006 mg/l, sedangkan kadar fosfat untuk air laut adalah 0,015 mg/l (PP No. 22, 2021).

Kesuburan perairan berkaitan erat dengan kadar *phytoplankton* di perairan, dan kadar bahan organik di perairan mempunyai hubungan dengan kesuburan perairan, nitrat dan fosfat merupakan nutrisi yang berperan penting terhadap kelimpahan *phytoplankton*. (Ikhsan *et al.*,2020). Kadar Nitrat dan fosfat memiliki hubungan positif dengan kelimpahan plankton di perairan, nitrat dan fosfat dapat memacu pertumbuhan *phytoplankton* yang sangat tinggi (Paiki dan Kalor, 2017). Tingkat kekeruhan memiliki hubungan yang positif dengan kelimpahan *phytoplankton*, tetapi hubungan tersebut tidak bisa digunakan untuk memprediksi nilainya. (Ridhawani *et al.*,2017).

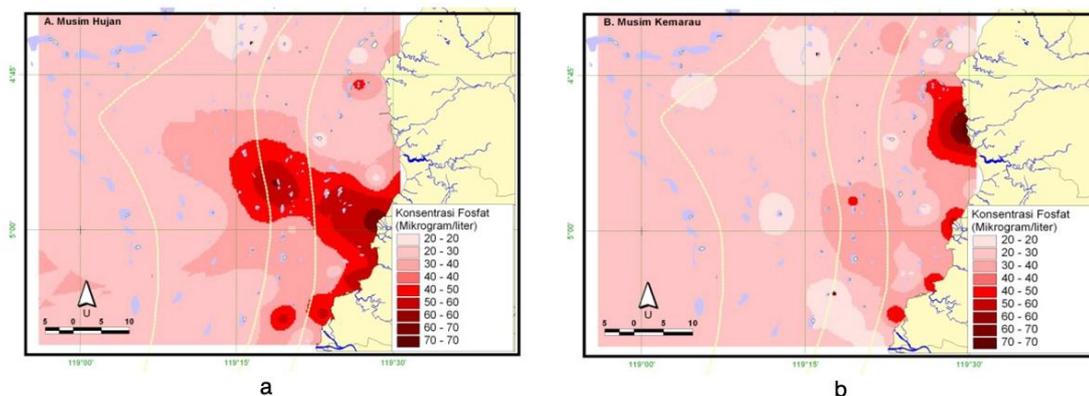
2.4.2. Distribusi nitrat dan fosfat di perairan

Sebaran nitrat dan fosfat di perairan banyak di pengaruhi oleh aktivitas di daratan, semakin dekat dengan daratan kadar nitrat dan fosfat perairan akan semakin tinggi (Faizal *et al.*, 2012). Kadar nitrat di perairan dipengaruhi juga oleh curah hujan, karena curah hujan mempengaruhi volume air sungai yang masuk ke laut (Rahayu *et al.*, 2018).

Pola arus mempengaruhi sebaran nitrat dan fosfat dan semakin ke tengah laut kadar nitrat dan fosfat akan semakin rendah (Oktaviani *et al.*, 2014). Variasi kadar nitrat disebabkan oleh proses yang kompleks secara fisika dan biologi seperti arus dan tingkat pemanfaatan nitrat (Rahayu *et al.*, 2018).



Gambar 1. Sebaran nitrat pada musim hujan dan musim kemarau di Kepulauan Spermonde (Faizal *et al.*, 2012).



Gambar 2. Sebaran fosfat pada musim hujan dan musim kemarau di Kepulauan Spermonde (Faizal *et al.*, 2012)

Kadar nitrat di dekat dasar perairan sedikit lebih tinggi jika dibandingkan dengan lapisan permukaan. Kondisi ini mungkin disebabkan pemanfaatan nitrat yang berada di bagian permukaan oleh *phytoplankton*. Selain itu Sedimen juga berpengaruh terhadap kadar nitrat yang sedikit lebih tinggi di dekat dasar perairan. Karena tempat penyimpanan utama nitrat dalam siklus yang terjadi di laut terdapat di sedimen (Patty *et al.*, 2015).

Tabel 1. Kriteria Tingkat kesuburan pada perairan dengan salinitas di atas 25 ppt (Hakanson dan bryhn, 2008 dalam Faizal *et al* 2012).

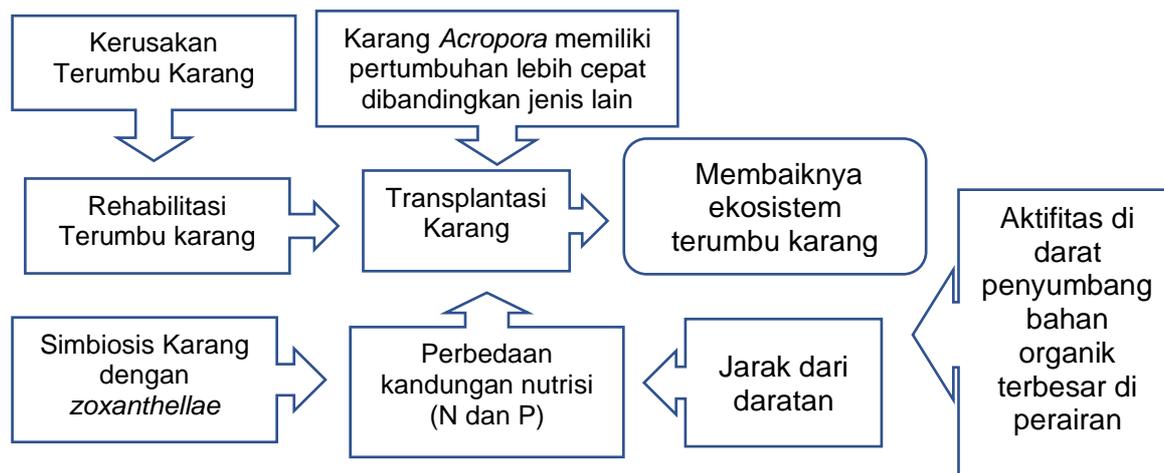
Tingkat Kesuburan	Kecerahan	Chlorofil a ($\mu\text{g/l}$)	Nitrat ($\mu\text{g/l}$)	Fosfat ($\mu\text{g/l}$)
Oligotropik	> 11	< 2	< 110	< 15
Mesotropik	6 - 11	2 – 6	110-290	15 - 40
Eutropik	2 - 6	6 – 20	290 – 940	40 - 130
Hypertropik	< 2	> 20	> 940	> 130

2.5. Hipotesis

Semakin tinggi kadar nitrat dan fosfat di perairan maka laju pertumbuhan karang diperairan tersebut akan semakin cepat selama masih berada dalam kadar optimal untuk pertumbuhan karang.

2.6. Kerangka Pikir

pelaksanaan penelitian ini didasarkan atas kerangka pikir sebagai berikut.



Gambar 4. Bagan kerangka pikir penelitian.

Kerusakan terumbu karang dapat diperbaiki dengan rehabilitasi terumbu karang. Salah satu cara rehabilitasi terumbu karang adalah dengan metode transplantasi karang. Dalam melakukan transplantasi ada beberapa faktor yang menjadi pertimbangan seperti penggunaan karang dengan kecepatan tumbuh yang paling tinggi seperti *Acropora*. Kandungan bahan organik perairan juga menjadi salah satu faktor yang perlu diperhatikan, hal ini karena hewan karang bersimbiosis dengan *zooxanthellae* yang membutuhkan nutrisi untuk *photosintesis*. Adapun nutrient dalam perairan dipengaruhi oleh jarak perairan dari daratan, hal ini dikarenakan aktivitas di darat adalah penyumbang bahan organik terbesar di perairan.