

**Dampak Sampah Plastik terhadap Intensitas *Bleaching* dan
Upaya Pemulihan pada karang *Acropora* sp.**

SKRIPSI

ARFAN HAMKA



**DEPARTEMEN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

**Dampak Sampah Plastik terhadap Intensitas *Bleaching* dan
Upaya Pemulihan pada karang *Acropora* sp.**

**ARFAN HAMKA
L111 13 504**

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
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Kajian Pustaka : Dampak Sampah Plastik Terhadap Intensitas Bleaching Dan
Upaya Pemulihan Pada Karang *Acropora* sp.

Nama Mahasiswa : Arfan Hamka
Nomor Pokok : L111 13 504
Program Studi : Ilmu Kelautan

Kajian pustaka telah diperiksa, disetujui dan diketahui oleh:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Prof. Dr. Ir. Chair Rani, M.Si
NIP. 19680402 199202 1 002

Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc
NIP. 19670826 199103 2 001

Mengetahui oleh:

Dekan
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan,

Ketua Departemen
Ilmu Kelautan,



Dr. Ir. Siti Aisah Farhum, M.Si
NIP. 19690605 1993032 002



Dr. Ahmad Faizal, ST., M.Si
NIP. 19750727 200112 1 003

Tanggal Lulus : Juni 2020

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

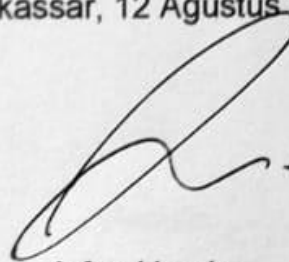
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arfan Hamka
NIM : L111 13 504
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa Kajian Pustaka dengan Judul: "Dampak Sampah Plastik Terhadap Intensitas Bleaching Dan Upaya Pemulihan Pada Karang *Acropora* sp."

ini adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas plagiat, serta tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis digunakan sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber acuan serta daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan (Permendiknas No. 17, tahun 2007).

Makassar, 12 Agustus 2020



Arfan Hamka
L111 13 504

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arfan Hamka

NIM : L111 13 504

Program Studi : Ilmu Kelautan

Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi Skripsi/Tesis/Disertasi 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 diikuti.

Makassar, 12 Agustus 2020

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Ilmu Kelautan,



Dr. Ahmad Faizal, ST., M.Si
NIP. 19750727 2001121 003

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Arfan Hamka', written in a cursive style.

Arfan Hamka
NIM: L111 13 504

ABSTRAK

Arfan Hamka. Dampak Sampah Plastik terhadap Intensitas Bleaching dan Upaya Pemulihan pada karang *Acropora* sp. Di bawah bimbingan **Chair Rani** sebagai Pembimbing utama dan **Shinta Werorilangi** sebagai Pembimbing Anggota.

Ekosistem terumbu karang banyak menghadapi berbagai ancaman, salah satunya limbah antropogenik seperti plastik yang kini banyak dijumpai hampir di seluruh perairan laut. Plastik dapat tenggelam dan menutupi permukaan koloni karang, hal ini dapat menyebabkan terjadinya bleaching pada karang, melambatnya pertumbuhan karang hingga ancaman kematian karang. Dampak kerusakan dan kematian karang bukan hanya terhadap karang itu sendiri, tetapi juga terhadap organisme yang hidup di sekitar ekosistem terumbu karang. Tujuan dari kajian pustaka ini untuk mengetahui dampak plastik terhadap kesehatan karang jenis *Acropora* sp. Kajian pustaka dilakukan dengan analisis referensi pada berbagai penelitian baik di dalam negeri dan luar negeri. Hasil kajian dari beberapa sumber penelitian mendapatkan bahwa dampak plastik terhadap karang yaitu hilangnya organisme simbiotik (*zooxanthella*) pada jaringan karang sehingga simbiosis antara keduanya menjadi terganggu, *zooxanthella* yang semakin sedikit menyebabkan efisiensi pertumbuhan karang akan semakin menurun. Pada percobaan terhadap karang jenis *Acropora*, plastik mikro yang menutupi polip karang tersebut menunjukkan tanda bleaching pada hari ke-7 dan bleaching secara menyeluruh pada hari ke-14. Pasca fenomena pemutihan, karang memerlukan waktu yang relative lama untuk kembali pulih ke kondisi semula. Salah satu upaya pemulihan terumbu karang adalah dengan mengembangkan teknik transplantasi dengan metode spider yang banyak digunakan pada saat ini.

Kata Kunci : *Plastik, Karang, Acropora sp, Bleaching*

ABSTRACT

Arfan Hamka. Impact of Plastic Debris on The Intensity of Bleaching and Coral Recovery Efforts of *Acropora* sp. Supervised by **Chair Rani** as the principal adviser and **Shinta Werorilangi** as the co-adviser.

Coral reef ecosystems face many threats, one of them is anthropogenic waste such as plastic debris which are found in almost all marine waters. This plastic can sink and cover the surface of coral colonies, this can cause coral bleaching, slowing down the coral growth and may cause coral death. The impact is not just to the coral itself, but also to the organisms that live around the coral reef ecosystem. This literature review aims to determine the impact of plastics on the health of coral *Acropora* sp. A literature review is conducted with reference analysis on various studies from Indonesia and abroad. Some studies found the impact of plastic on corals is through the loss of symbiotic organisms (*zooxanthella*) on coral tissue as a result of plastic debris covering and this in turn will decrease the efficiency of coral growth. In an experiment on *Acropora* sp., microplastic covering the coral polyps showed signs of bleaching on the 7th day and overall bleaching occurred on the 14th day. After the bleaching phenomenon, corals required a relatively long time to return to their original condition. One of the efforts to restore coral reefs is by developing a transplantation technique such as a spider method that is widely used today.

Keywords: *Plastic, Coral, Acropora sp, Bleaching*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil Alamin. Segala puji bagi ALLAH Subahana Wata'ala, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan kajian pustaka dengan judul "Dampak Sampah Plastik terhadap Intensitas Bleaching dan Upaya Pemulihan pada karang *Acropora* sp" dapat diselesaikan. Kajian Pustaka ini disusun berdasarkan referensi hasil penelitian sebagai tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana dari Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Dengan adanya kajian pustaka ini, Penulis berharap dapat memberikan manfaat, informasi dan membawa kepada suatu kebaikan.

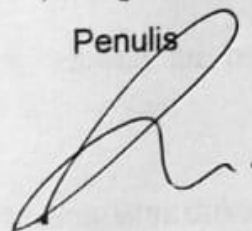
Segala upaya telah dilakukan demi tersusunnya kajian pustaka ini namun mengingat keterbatasan kemampuan penulis, maka penyusunan kajian pustaka ini tentu masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis dengan kerendahan hati menyadari akan kekurangan penulisan laporan akhir penelitian ini. Akhir kata kepada semua pihak yang berperan pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih dengan tumpuan harapan semoga Allah SWT membalas segala budi baik para pihak yang telah berperan dalam penulisan kajian pustaka ini.

Aamiin.

Wassalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 12 Agustus 2020

Penulis



Arfan Hamka

UCAPAN TERIMAKASIH



Rentetan kisah akan terlewati lagi dari sebegitu banyaknya peristiwa yang mesti kita jalani, ketika yang Maha Esa menuntun kita untuk memasuki babak baru, entah sampai kapan dan akan seperti apa akhir skenario ini. Dulu, kini dan nanti menjadi terpasrahkan pada Sang pemilik segala kesempurnaan-Nya. Sujud sembah mengiringi kehadiran Ilahi atas apa yang telah dititipkan untukku, dan lantunan salawat bagi junjunganku Nabiullah Sallallahu Alaihi Wasallam.

Berangkai ide tertuang dengan segala jerih payah untuk suatu idealisme yang tak kunjung mampu, dari sekian banyaknya pemikiran atau pencarian yang datang dan tergantikan. Apa yang ada disini hanyalah sebagian kecil kepuasan yang bisa tertelan dibanding obsesi yang pernah singgah dalam benak penulis.

Teriring do'a dan syukur yang tiada henti atas segala cinta dan sayang yang tidak berujung bagi Alm. Ayahanda (**Hamka P**), Ibunda (**Nurmiati**), dan Saudara-saudaraku untuk semua yang pernah terlewati dan segala bentuk *support system*-nya ... ***Kalian adalah bagian terbaik dalam hidup saya...*** telah kupenuhi satu janji buat kalian.

Tulisan ini takkan pernah ada tanpa bantuan dari mereka yang turut berperan besar dari awal hingga akhir penyelesaiannya, karena itu penulis menghaturkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. **Prof. Dr. Ir. Chair Rani. M.Si.** sebagai Pembimbing Utama, atas dukungan dan masukan serta bimbingan yang telah diberikan.
2. **Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc.** selaku Penasihat Akademik serta pembimbing penelitian yang senantiasa meluangkan waktu, memberikan saran, bimbingan dan arahan kepada penulis.
3. **Dr. Syafyudin Yusuf, ST, M.Si.** dan **Dr. Ir. Arniati Massinai, M.Si.** selaku dosen penguji sekaligus orang yang penulis anggap sebagai orang tua

sendiri, yang telah memberikan kritik dan saran serta bimbingan dalam menyelami dunia kemahasiswaan dan untuk perbaikan skripsi yang lebih baik.

4. Ibu **Dr. Ir. St. Aisjah Farhum, M.Si** selaku Dekan, Bapak **Dr. Ahmad Faisal., ST, M.Si** selaku Ketua Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin beserta stafnya.
5. Seluruh staf, dosen, pegawai, mace- mace kantin, dan seluruh anggota cleaning service Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan UNHAS, yang telah membantu penulis dalam menjalani hari hari sebagai mahasiswa.
6. Mutmainnah, S.Kel, Dewi Sri Kurnia, S.Kel, Syeiqido Sora Datu, S.Kel., M.Si, Permas Bagya Maulan, S.Kel, dan Prabowo Setiawan, S.Kel, yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan saran, dukungan dan membantu langsung penulis dalam menyusun kajian pustaka ini.
7. **MSDC-UH, KEMAJIK, HMI kom Kelautan, dan Keritis 13** yang telah menjadi ruang-ruang alternative bagi penulis selama berdinamika di tempat persinggahan (kampus) hingga menyelesaikan studi.
8. Lembaga survey dan pemetaan **Nypah Indonesia** dengan kakak-Kakak tingkat yang visioner, atas segala fasilitas, dorongan semangat, dan pengalaman berharganya kepada penulis.
9. Keluarga besar mahasiswa Ilmu Kelautan (**KLANERS**) Universitas Hasanuddin, yang tidak sempat tertulis satu persatu, atas sambutan dan naungan kasih sayang dan hangatnya persahabatan yang kalian bagi selama ini.

Penuh kesadaran, penulis merasakan masih banyak kekurangan dalam penulisan kajian pustaka ini, sehingga wajar jika masih jauh dari kesempurnaan. Semoga ini bukan menjadi akhir untuk menuju pencapaian obsesi bagi penulis. Akan halnya kajian pustaka ini, kritik dan saran menjadi harapan tersendiri demi perbaikannya. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi kita semua. Semoga Tuhan yang Maha Esa selalu memberikan rahmat-Nya bagi kita semua..... **Amin Ya Rabbal Alamin**

P e n u l i s

Arfan Hamka

BIODATA PENULIS



Arfan Hamka, lahir di Suli pada tanggal 18 Desember 1994. Penulis merupakan anak keempat dari tujuh bersaudara dari pasangan Hamka Parakkasi (*Alm*) dan Nurmiati M. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SD Negeri 228 Suli pada tahun 2007, pendidikan lanjutan pertama di SMP Negeri 1 Suli pada tahun 2010. Selanjutnya pada tahun 2013 penulis menyelesaikan studi di SMA Negeri 1 Belopa (SMAN 1 LUWU). Penulis diterima di Universitas Hasanuddin Makassar melalui Jalur Mandiri (POSK), sejak 2013 hingga akhirnya selesai pada tahun 2020.

Keinginan penulis semasa mahasiswa untuk memperoleh wawasan dan pola pikir didapatkan melalui interaksi dengan sesama rekan mahasiswa, hal ini yang mengantarkan penulis untuk bergabung dengan MSDC (Marine Science Diving Club) UNHAS, HIMITEKINDO (Himpunan Mahasiswa Ilmu dan Teknologi Kelautan Indonesia) dan Pengurus Himpunan Mahasiswa Islam Komisariat Ilmu dan Teknologi Kelautan (HMI ITK) tahun 2015 - 2016 Kemudian penulis mengabdikan diri pada KKN (Kuliah Kerja Nyata) Reguler Angkatan 93 di Kelurahan Minangngae, Kecamatan Sajoanging, Kabupaten Wajo pada tahun 2016.

Motivasi untuk mencari pengalaman dan bahan belajar dilakukan di beberapa tempat seperti PUSLITBANG LP3K UNHAS (Pusat Penelitian, Pengembangan Laut, Pesisir, Dan Pulau-Pulau Kecil . Universitas Hasanuddin) tak terkecuali lembaga-lembaga swadaya masyarakat dan berbagai kegiatan survei potensi yang bermuara pada peningkatan kapasitas. Saat ini penulis aktif sebagai seorang staf di LSM Nypah Indonesia.

Penulis begitu terinspirasi untuk mengkaji mengenai pengaruh sampah plastik yang dapan merusak lingkungan serta manusia. “Dampak Sampah Plastik terhadap Intensitas Bleaching dan Upaya Pemulihan pada karang *Acropora* sp”

merupakan judul Kajian Pustaka yang ditelitinya sebagai manifestasi inspirasi dan *interest* ilmiah penulis.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan dan Kegunaan	2
II. METODE PENELITIAN	3
III. KAJIAN KEPUSTAKAAN	5
A. Sampah Plastik pada Area Terumbu Karang	5
B. Pemutihan Karang Akibat Plastik dan Keterkaitannya dengan Kesehatan Karang	7
C. Kondisi Karang Pasca Pemutihan	11
D. Transplantasi sebagai Upaya Merehabilitasi Terumbu Karang	13
E. Pengaruh Parameter Lingkungan terhadap Kesehatan Terumbu Karang	19
IV. PENUTUP	21
A. Kesimpulan	21
B. Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	22

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Daftar website sumber referensi	3
2. Lanjutan.....	4
3. Perkiraan limbah plastik pada tahun 2010	5
4. Kelimpahan Zooxanthellae (sel / L) dalam akuarium selama 14 hari.....	11
5. Perubahan yang terjadi setelah bleaching pada komunitas terumbu karang..	12
6. Pola reproduksi beberapa jenis karang setelah terjadi <i>bleaching</i>	13
7. Teknik transplantasi dan tingkat keberhasilan.....	16

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 1. Karang dengan partikel plastik memiliki kumpulan penyakit yang berbeda dari karang tanpa partikel plastik.	8
Gambar 2. Dampak mikroplastik selama 14 hari percobaan.	10
Gambar 3. Teknik transplantasi	18

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sektor kelautan dan perikanan Indonesia memiliki peran penting dalam meningkatkan perekonomian negara, berbagai pengembangan ditempuh untuk meningkatkan pendapatan asli daerah dengan tetap mempertahankan kelestarian lingkungan (Agustine, 2014). Kelestarian lingkungan memiliki efek yang besar terhadap keanekaragaman dan kelimpahan biota laut sebagai organisme target dalam sektor perekonomian maupun pariwisata Indonesia. Menurut Wahyudi (2018), kelestarian lingkungan sangat dipengaruhi oleh jumlah populasi dan aktivitas manusia.

Aktivitas manusia sehari-hari tidak terlepas dari penggunaan plastik dan ada kecenderungan semakin meningkat. Plastik pada dasarnya memiliki sifat daya tahan yang tinggi, ringan, anti karat serta harga relatif lebih murah. Namun selain itu sifat lain dari plastik umumnya sulit terdegradasi sehingga dapat meningkatkan produksi limbah dan akan berdampak mencemari lingkungan (Septiani *et. al.*, 2019), termasuk pada ekosistem laut (KKP, 2017), khususnya ekosistem karang sebagai penjerat sampah (Dedi, 2017).

Kerusakan karang akibat limbah plastik berupa *bleaching* yaitu terjadi pemudaran warna menjadi lebih putih. (Fujioka, 2015; Yusuf, 2018). *Coral bleaching* adalah salah satu gangguan kesehatan yang dapat menghambat pertumbuhan karang, mudah terinfeksi penyakit, bahkan dapat menyebabkan kematian apabila peristiwa *bleaching* berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Pemutihan karang akibat penutupan plastik telah dilaporkan oleh Fujioko (2015) bahwa sampah plastik terutama plastik hitam memberikan dampak kerusakan yang serius bagi terumbu karang. Kematian karang disebabkan kompetisi ruang dengan makroalga yang mengalami pertumbuhan yang pesat (Simarangkir, 2015).

Kematian karang berpengaruh terhadap kondisi stabilitas terumbu karang, karena terjadi penurunan fungsi. Dampak kerusakan dan kematian karang bukan hanya terhadap karang itu sendiri tetapi juga terhadap organisme yang hidup di ekosistem terumbu karang, maka perlu dilakukan pemulihan. Hermanto (2015) menyatakan bahwa salah satu cara untuk meregenerasi karang adalah dengan transplantasi. yang prinsipnya perbanyak koloni dengan reproduksi aseksual. Metode transplantasi dilakukan melalui penempelan fragmen pada suatu benda padat, berdasarkan penelitian sebelumnya, umumnya karang yang ditransplantasi

adalah jenis *Acropora sp.* (Kambey, 2013; Fadli, 2008; Hermanto, 2015; Nurman, 2017; Muhlis, 2019; Yunus, 2015) karena jenis ini memiliki laju pertumbuhan cepat dibandingkan dengan karang lainnya. Seperti yang dilaporkan Hermanto (2015) karang *Acropora formosa* yang ditransplantasi di Selat Lembeh, Sulawesi Utara, pertumbuhannya mencapai 8 cm per tahun.

Berdasarkan uraian tersebut di atas maka dilakukan kajian pustaka tentang dampak plastik terhadap pemutihan pada karang khususnya *Acropora sp.* dan metode rehabilitasi yang dapat digunakan untuk pemulihan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah maka dapat dirumuskan beberapa masalah yaitu:

1. Apakah keberadaan plastik dapat menyebabkan *bleaching* dan berdampak pada kesehatan karang?
2. Bagaimana kondisi karang pasca *bleaching*?
3. Apa metode transplantasi yang efektif dalam pemulihan terumbu karang?
4. Bagaimana pengaruh faktor lingkungan terhadap kesehatan karang?

C. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan penelitian ini adalah untuk;

1. Mengetahui dampak keberadaan plastik terhadap *bleaching* dan kesehatan karang
2. Mengetahui kondisi karang pasca *bleaching*
3. Mengetahui metode transplantasi yang dapat digunakan sebagai upaya pemulihan karang.
4. Mengetahui pengaruh faktor lingkungan terhadap kesehatan karang.

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan informasi dasar bagi pihak terkait dan masyarakat tentang dampak sampah plastik terhadap kesehatan karang dan metode pemulihan yang efektif digunakan.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah kajian pustaka dan khasanah ilmu berupa analisis referensi secara online melalui penelusuran pada berbagai penelitian yang dilakukan di dalam negeri (Indonesia) maupun luar negeri dengan memanfaatkan situs web dibawah ini;

Tabel 1. Daftar website sumber referensi kajian pustaka.

No	Website	Authors
1	http://ejournal-balitbang.kkp.go.id	Dedi, <i>et al.</i> , 2017
2	http://journal.bio.unsoed.ac.id	Assuyuti,, <i>et al</i> 2018
3	http://jurnal.unpad.ac.id	Fachrurrozie, A. <i>et al.</i> ,2012.
4	http://ojs.uho.ac.id	Nurman, F. H <i>et al.</i> ,2018. Yudizar, A <i>et al.</i> ,2019
5	http://repository.ub.ac.id	Yusuf, S. 2018
6	http://repository.unhas.ac.id	Fujioka, S.N. 2015.
7	https://ppkl.menlhk.go.id	Klhk 2017
8	https://sci-hub	Douglas AE. 2003. Imhof, H.K., <i>et al.</i> , 2017 Lamb, J. B. <i>et al.</i> ,2018. Lesser, M. P. 2010. Richards, Z.T <i>et al.</i> ,2011. Yee,S., <i>et al.</i> , 2011.
9	https://www.academia.edu	Santavy D.L, <i>et al.</i> , 1997
10	https://www.jstor.org	Le Tissier . <i>et al.</i> ,1996
11	https://www.nature.com	Axworthy., <i>et al</i> 2019 Chapron, L. A. <i>et al.</i> , 2018
12	https://www.ncbi.nlm.nih.gov	Hankins,C. <i>et al.</i> ,2018 Sweet M.J., <i>et al.</i> ,2013. Weber M <i>et al.</i> , 2012
13	https://www.neliti.com	Agustine, A. D. 2014 Darmawan, B., <i>et al.</i> ,. 2012. Fadli, N. 2008. Muhlis, M. 2019. Prameliasari,T.A. <i>et al.</i> ,2012
14	https://www.researchgate.net	Baird, A. H., <i>et al.</i> , 2008 Brown, B. 1997 Coles, S. L., <i>et al.</i> ,2003 Hammer, J., <i>et al.</i> ,2012. Harriot, V.J., <i>et al.</i> ,1988 Hermanto, B. 2015 Kambey, A. D. 2013. Orte, M. R., <i>et al.</i> , 2019 Panithanarak, T. 2015 Soong, K. <i>et al.</i> ,2003 Purba, N.P. 2017.

Tabel 2. Lanjutan

15	https://www.icriforum.org	Barnard N, <i>et al.</i> ,2010
16	http://coremap.or.id	Suharsono. 1996
17	https://www.iucn.org	Gilman E.L <i>et al.</i> ,2008.
18	https://portals.iucn.org	Grimsditch, G. D., <i>et al.</i> ,2006 Obura, D., <i>et al.</i> ,2009. Westmacott, S., <i>et al.</i> ,2000.
19	http://www.cleanship.org	Hall, N. M <i>et al.</i> ,2015.
20	https://www.rudycr.com	Kaleka, M. W. D. 2004.
21	https://kkp.go.id	Kkp. 2017
22	http://sciencetechindonesia.com	Kholidah, N., <i>et al.</i> ,2018.
23	https://www.int-res.com	Kushmaro A, <i>et al.</i> ,1998. Rotjan R.D <i>et al.</i> ,2008. McClanahan T.R., <i>et al.</i> ,2003.
24	www.jurnal.utu.ac.id	Kusumawati., 2016.
25	https://pdfs.semanticscholar.org	Prasetyo, M. K. 2017.
26	https://docplayer.info	Rani, C., <i>et al.</i> , 2009 Pratomo, A <i>et al.</i> ,2013.
27	http://www.kewalo.hawaii.edu	Richmond RH. 1993.
28	http://jurnal.umrah.ac.id	Rizal, S, <i>et al.</i> ,. 2016.
29	https://ejournal.undip.ac.id	Septiani, B. A <i>et al.</i> , 2019 Yunus, B. H, <i>et al.</i> , 2013.
30	https://jfmr.ub.ac.id	Setiawan, F <i>et al.</i> ,2017.
31	http://citeseerx.ist.psu.edu	Sheridan C, <i>et al.</i> ,2013
32	https://journal.ipb.ac.id	Simarangkir,O.R., <i>et al.</i> ,2015. Subhan, B., <i>et al.</i> ,2014.
33	http://oseanografi.lipi.go.id	Sjafrie, N. D. M. 2014.
34	https://jurnalairaha.org	Tassakka, M. I. S., <i>et al.</i> ,2019
35	https://jurnal.unimed.ac.id	Taufina, T., <i>et al.</i> , 2018.
36	https://studylibid.com	Wibowo, D., N. 2013
37	https://pubs.acs.org	Zettler, E. R., <i>et al.</i> ,2013
38	https://publications.rzsnsw.org.au	Pratchett, <i>et al.</i> ,2012.
39	http://journal.unhas.ac.id	Rani, C., <i>et al.</i> , 2017.

III. KAJIAN KEPUSTAKAAN

A. Sampah Plastik pada Area Terumbu Karang

Sebagai negara kepulauan, Indonesia dihadapkan pada masalah serius mengenai sampah yang berakhir di laut. Keberadaan partikel makroplastik, mesoplastik dan mikroplastik secara signifikan berkorelasi positif dengan kepadatan populasi dan kegiatan antropogenik intensif lainnya, namun untuk lokasi terpencil keberadaannya dipengaruhi transportasi laut secara global dalam jangka panjang (Imhof *et al*, 2017). Diperjelas oleh Purba (2017) bahwa secara umum, sampah laut berasal dari dua sumber yaitu dari darat dan dari laut. Sampah yang berasal dari darat merupakan sampah yang dibuang oleh masyarakat baik secara langsung maupun yang terbawa oleh aliran air sungai, sedangkan yang berasal dari laut. adalah sampah yang bersumber dari lokasi lain yang terjebak di perairan Indonesia akibat arus dunia.

Tabel 3. Perkiraan limbah plastik pada tahun 2010.

Rank	Country	Econ. classif.	Coastal pop [millions]	Waste gen. rate [kg/ppd]	% plastic waste	% mismanaged waste	Mismanaged plastic waste [MMT/year]	% of total mismanaged plastic waste	Plastic marine debris [MMT/year]
1	China	UMI	262.9	1.1	11	76	8.82	27.7	1.32–3.53
2	Indonesia	LMI	187.2	0.52	11	83	3.22	10.1	0.48–1.29
3	Philippines	LMI	83.4	0.5	15	83	1.88	5.9	0.28–0.75
4	Vietnam	LMI	55.9	0.79	13	88	1.83	5.8	0.28–0.73
5	Sri Lanka	LMI	14.6	5.1	7	84	1.59	5	0.24–0.64
6	Thailand	UMI	26	1.2	12	75	1.03	3.2	0.15–0.41
7	Egypt	LMI	21.8	1.37	13	69	0.97	3	0.15–0.39
8	Malaysia	UMI	22.9	1.52	13	57	0.94	2.9	0.14–0.37
9	Nigeria	LMI	27.5	0.79	13	83	0.85	2.7	0.13–0.34
10	Bangladesh	LI	70.9	0.43	8	89	0.79	2.5	0.12–0.31
11	South Africa	UMI	12.9	2	12	56	0.63	2	0.09–0.25
12	India	LMI	187.5	0.34	3	87	0.6	1.9	0.09–0.24
13	Algeria	UMI	16.6	1.2	12	60	0.52	1.6	0.08–0.21
14	Turkey	UMI	34	1.77	12	18	0.49	1.5	0.07–0.19
15	Pakistan	LMI	14.6	0.79	13	88	0.48	1.5	0.07–0.19
16	Brazil	UMI	74.7	1.03	16	11	0.47	1.5	0.07–0.19
17	Burma	LI	19	0.44	17	89	0.46	1.4	0.07–0.18
18	Morocco	LMI	17.3	1.46	5	68	0.31	1	0.05–0.12
19	North Korea	LI	17.3	0.6	9	90	0.3	1	0.05–0.12
20	United States	HIC	112.9	2.58	13	2	0.28	0.9	0.04–0.11

Keterangan :

Economic classification

HIC : *high income*

UMI : *upper middle income*

LMI : *low middle income*

LI : *low income*

Pop : *population*

Gen : *generation*

Ppd : *person per day*

MMT : *million metric tons*

Mismanaged waste: jumlah sampah yang tidak dikelola dengan baik ditambah 2% sampah sembarangan

Total mismanaged plastic waste: dihitung untuk populasi dalam jarak 50 km dari pantai di 192 negara yang dipertimbangkan

Sumber : Jambeck, 2015

Pendataan sampah laut di Indonesia telah dilakukan pada berbagai daerah dan ditemukan bahwa sampah plastik merupakan jenis sampah anorganik yang paling banyak ditemukan diperairan (Kusumawati, 2016; Assuyuti, 2018; Nawastuti, 2019; Tassakka, 2019) dengan total produksi sampah plastik yang mencapai 189 kilo ton/hari, jauh lebih besar dibandingkan dengan negara-negara di Asia Tenggara (Kholidah *et al.*, 2018). Menurut Lamb *et al.* (2018) yang melakukan penelitian terhadap asosiasi limbah plastik pada area terumbu karang, menemukan bahwa jumlah plastik di Indonesia hingga 25,6 item per 100meter persegi dan memperkirakan sebesar 11,1 miliar sampah plastik terangkut diatas karang di seluruh Asia-Pasifik yang kemungkinan akan meningkat 40% pada tahun 2025. Menurut Chapron *et al.* (2018), keberadaan plastik baik potongan makro maupun mikro di lautan telah diakui sebagai salah satu masalah lingkungan paling serius karena dapat terakumulasi di permukaan dan perairan dalam.

Keberadaan sampah plastik dilaut secara umum lebih banyak mengapung di permukaan karena sifatnya yang fleksibel (ringan) namun 70% plastik yang mengapung akan tenggelam dan terakumulasi di sedimen karena kemampuannya dalam menjebak air (*waterlogged*) ataupun ketika biota yang tumbuh dipermukaannya (Hammer *et al.*, 2012). Plastik tidak hanya berdampak pada estetika laut tetapi kemampuannya yang berubah jadi fragmen yang lebih kecil (mikroplastik) juga memiliki dampak yang sangat berbahaya (KLHK, 2017; Axworthy, 2019; Hammer *et al.*, 2012).

Distribusi sampah laut umumnya paling banyak ditemukan pada wilayah terumbu karang di kedalaman 3 meter (Assuyuti, 2015). Menurut Richards & Beger (2011), terumbu karang memiliki hubungan yang signifikan dengan sampah laut, yang mana jika sampah meningkat maka penutupan terumbu karang menurun. Hal ini juga dibuktikan dalam penelitian Darmawan & Mardiatno (2012) yang menghubungkan kondisi sampah dengan kondisi karang dari berbagai wilayah di Pulau Panggang, Kepulauan seribu (bagian utara, barat, barat daya, timur, tenggara, selatan,dan timur laut), menemukan bahwa wilayah timur laut dengan total luasan sampah terluas (437 m²) memiliki persentase karang hidup yang sangat sedikit dan persentase karang mati mencapai 71,9%. Menurut Assuyuti, (2015) keberadaan sampah organik dan anorganik diwilayah terumbu karang didominasi oleh sampah anorganik plastik berupa kantong plastik, botol, plastik makanan ringan, minuman dan deterjen. Sementara Fujioka (2015) dalam penelitiannya menguji efek keberadaan sampah yang banyak dijumpai di wilayah

terumbu karang seperti kain atau sarung, jaring atau waring dan plastik (plastik hitam, plastik merah, plastik putih), dan menemukan bahwa plastik hitam dan kain lebih cepat memberi dampak pemutihan dibandingkan jenis sampah lainnya ketika menutupi permukaan karang.

Kontaminasi plastik pada karang dapat terjadi dengan berbagai cara, terutama pada saat air surut karena kemungkinan besar plastik yang mengapung akan tersangkut pada permukaan karang (Hall *et al.*, 2015). Menurut Fujioka (2015), akibat buruk terhadap pertumbuhan karang akibat sampah anorganik seperti plastik terjadi apabila plastik menutupi permukaan karang. Selain itu, kontaminasi juga terjadi ketika zat aditif dari plastik larut ke perairan sehingga mengubah sifat kimia perairan (Hammer *et al.*, 2012) dan jika plastik berubah menjadi mikroplastik maka akan menjadi bahan yang beracun apabila tertelan oleh biota laut (Axworthy, 2019).

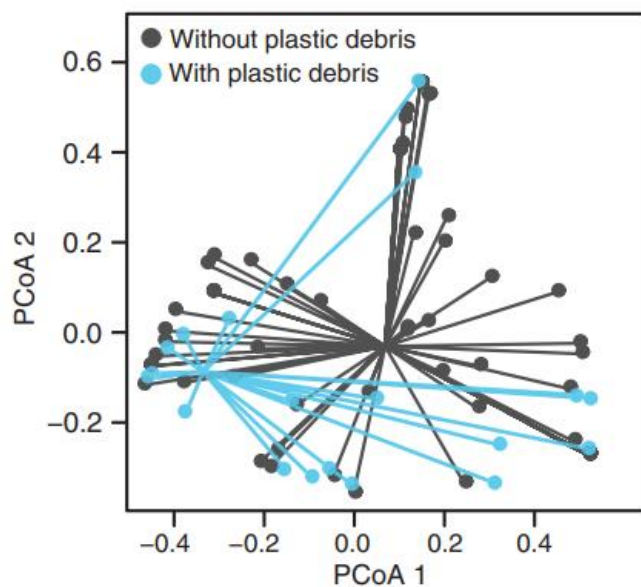
Keberadaan mikroplastik di perairan pada umumnya cenderung diabaikan karena keterbatasan dalam mendeteksi partikel yang lebih kecil dari diameter 300 μm , sehingga untuk mengetahui dilakukan pendekatan dengan estimasi visual melalui partikel makroskopik dari plankton yang diduga plastik (Hall *et al.*, 2015). Namun Hankins (2018), mengatakan bahwa mikroplastik yang berupa fragmen kecil (<5 mm) memiliki ancaman yang besar terhadap keberlangsungan hidup karang karena berdampak pada rantai makanan yang dapat mengancam kesehatan manusia serta kesehatan biodiversitas kehidupan laut (KLHK, 2017; Axworthy, 2019) karena mudah ditelan oleh organisme kecil seperti plankton (Hammer *et al.*, 2012).

B. Pemutihan Karang Akibat Plastik dan Keterkaitannya dengan Kesehatan Karang

Pemutihan karang atau *coral bleaching* merupakan hilangnya organisme simbiotik (*zooxanthella*) pada jaringan karang sehingga simbiosis antara keduanya menjadi terganggu (Coles & Brown, 2003). Keluarnya *zooxanthella* dari polip karang akan menurunkan jumlah keragaman *zooxanthellae* (*dinoflagellata* dari genus *Symbiodinium*) sebagai pemberi warna pada karang sehingga terjadi pemutihan pada warna karang (Douglas, 2003). Berbagai penelitian menemukan bahwa fenomena pemutihan karang merupakan efek stress yang terjadi akibat perubahan iklim (Westmacot *et al.*, 2000; Baird *et al.*, 2008; Lesser, 2010; Simarangkir, 2015; Setiawan, 2017) namun seiring dengan peningkatan aktivitas antropogenik yang tidak disertai dengan penanganan limbah yang baik, pemutihan

pada karang kini banyak disebabkan oleh penutupan sampah plastic, juga karena sampah plastic dapat membawa mikroba patogen yang berperan sebagai penyakit sehingga kemungkinan terjadinya penyakit meningkat sebesar 89% jika karang bersentuhan dengan plastic (Lamb, 2018).

Keberadaan sampah plastic makro dan mikro pada ekosistem terumbu karang, sangat mempengaruhi proses tingkah laku pemangsaan, aktivitas polip dan mineralisasi pada karang (Chapron, 2018), serta secara signifikan akan berpengaruh terhadap produktivitas, kelangsungan hidup, dan keberhasilan reproduksi karang karena berkaitan dengan jumlah *zooxanthellae* yang semakin sedikit (Panithanarak, 2015), sehingga efisiensi pertumbuhan karang akan semakin menurun (Fachrurrozie *et al.*, 2012). Menurut Westmacott *et al.* (2000) selama peristiwa pemutihan, karang kehilangan 60–90% dari jumlah *zooxanthellae*-nya dan *zooxanthellae* yang masih tersisa dapat kehilangan 50–80% dari pigmen fotosintesisnya



Gambar 1. Karang dengan partikel plastic memiliki kumpulan penyakit yang berbeda dari karang tanpa partikel plastic. (Lamb, 2018).

Representasi spasial multivariat dari kelimpahan relatif dan komposisi penyakit karang, sebagaimana ditentukan oleh analisis koordinat utama (PCoA) ($n = 75$ transek berpasangan). Vektor untuk setiap kelompok menggambarkan jarak spasi median dalam kelompok. Kumpulan penyakit mewakili enam penyakit yaitu *skeletal eroding band*, *white syndromes*, *black band*, *growth anomalies*, *brown band*, and *atramentous necrosis* (Lamb, 2018).

Mekanisme kerusakan karang akibat sampah plastik terjadi ketika permukaan polip karang tertutupi sampah plastik, terutama plastik hitam (Fujioka, 2015). Menurut Wibowo (2013) plastik hitam yang sifatnya dapat menghantarkan panas dengan baik akan membuat suhu disekitar plastik tersebut meningkat sehingga biota disekitar plastik khususnya karang akan cepat mengalami pemutihan. Penelitian penutupan plastik hitam pada karang yang dilakukan oleh (Yusuf, 2018) menggunakan *coral watch* untuk melihat perubahan warna karang, memperoleh perubahan warna karang pada hari pertama menunjukkan nilai kondisi yang masih sehat dengan nilai rata-rata 5, sedangkan pengukuran hari kedua menunjukkan karang mulai memudar dengan nilai indeks 1,5 hingga 2,75 dan pada hari ketiga perubahan warna karang menjadi memutih total dengan nilai indeks yang hampir sama yaitu 1 hingga 2, hal tersebut menunjukkan bahwa penempelan sampah plastik hitam sangat berbahaya bagi karang dan dapat menyebabkan kematian. Tertutupnya polip karang oleh makroplastik akan mengurangi jumlah *zooxanthellae* yang berpengaruh terhadap hasil fotosintesis sehingga asupan oksigen dan proses kalsifikasi pada terumbu karang menjadi terhambat (Rizal *et al.*, 2016). Selain itu Chapron (2018) menemukan bahwa keberadaan makroplastik pada salah satu jenis karang menyebabkan efisiensi penangkapan mangsa menjadi menurun karena plastik menghalangi pertemuan polip dengan mangsanya.

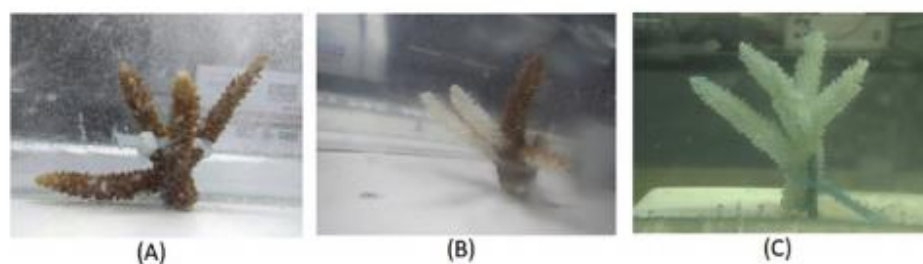
Keberadaan makroplastik di lingkungan akan berubah menjadi fragmen yang lebih kecil (mikroplastik) yang lebih berbahaya karena berpotensi membawa mikroba serta menjadi tempat bertumbuhnya patogen oportunistik (penyebab kerusakan) (Zettler *et al.*, 2013) sehingga karang lebih rentan terkena penyakit seperti pengikisan kerangka oleh cacing pita, sindrom bleaching dan penyakit pita hitam (Lamb, 2018). Ukuran mikroplastik yang kecil dapat ikut tertelan bersama makanan yang tersedia diperairan (Axworthy, 2019). Selain itu, tertelannya mikroplastik yang bersifat toksik akan menginduksi respon inflamasi sehingga meningkatkan aktivitas fagositas yang menyebabkan karang rentan akan kerusakan fisik seperti lecet yang kemudian menjadi memutih (Chapron, 2018). Hall *et al.* (2015) dalam penelitiannya menemukan bahwa laju konsumsi mikroplastik terhadap karang mencapai $50 \mu\text{g plastik cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Orte (2019) dalam penelitiannya menguji penyerapan beberapa jenis mikroplastik seperti nylon, *polyester*, dan *polypropylene* terhadap anemon, dan menemukan bahwa penyerapan mikroplastik di perairan sangat dipengaruhi oleh tingkat kesehatan

organisme, yang mana lebih banyak terjadi pada anemone yang mengalami pemutihan.

Kerusakan seperti pemutihan pada karang akibat limbah plastik secara berangsur-angsur akan menurunkan kesehatan karang. Kondisi karang yang tidak sehat akan menurunkan fungsi ekosistem karang. Pratchett *et.al.* (2012) menjelaskan bahwa pemutihan karang yang parah sering kali menyebabkan penurunan kualitas habitat dan kompleksitas topografi jangka panjang, selain itu juga memiliki efek signifikan pada ikan yang berasosiasi di terumbu karang. Menurut Chapron (2018) kurangnya keanekaragaman dan kelimpahan ikan pada ekosistem karang yang mengalami pemutihan disebabkan karena meningkatnya kerentanan pemangsa ikan oleh predator sebanyak dua kali lipat dibanding pada karang sehat. Ikan yang berasosiasi dengan terumbu karang memiliki warna yang mencolok sehingga karang yang memutih dapat menunjukkan secara jelas keberadaan ikan pada area tersebut.

Bila kondisi pemutihan pada karang terus berlangsung maka karang akan mati, walaupun berhasil pulih tetapi persentase untuk mencapai kesehatan semula sangat rendah karena membutuhkan waktu yang lama (Simarangkir, 2015; Hermanto, 2015). Menurut Westmacott *et al.* (2000), bila pemutihan yang terjadi sangat parah maka alga akan tumbuh dan menutupi karang yang memutih dan jika berkembang secara terus menerus, dapat mencegah rekolonisasi karang-karang baru sehingga berpengaruh pada keanekaragaman jenis karang dan menyebabkan restrukturisasi komunitas tersebut.

Berdasarkan eksperimen yang dilakukan (Syakti, *et.al*, 2019), selama 14 hari, yaitu melihat dampak mikroplastik densitas rendah (LDPE) terhadap tingkat pemutihan *Acropora formosa* menunjukkan bahwa plastik mikro menutup polip sehingga menghambat proses fotosintesis, dan plastik mikro dapat tertelan oleh polip karang yang mengakibatkan pelepasan *zooxanthella* akibat stress dan berakhir menjadi pemutihan karang (Gambar 2).



Gambar 2. Dampak mikroplastik selama 14 hari percobaan. A (hari 2), B (hari 7), dan C (hari 14). (Syakti, *et.al*, 2019)

Pelepasan zooxanthella dapat dilihat pada (Tabel 4), dengan menghitung pelepasan sel dalam sebuah wadah akuarium ukuran 1 liter yang dilakukan pengamatan selama 14 hari, dan terlihat jelas pelepasan zooxanthella dari hari pertama sampai hari ke 14 terjadi peningkatan drastis dibandingkan dengan control.

Tabel 4. Kelimpahan Zooxanthellae (sel / L) dalam akuarium selama 14 hari.

	Day 0	Day 2	Day 4	Day 7	Day 10	Day 14
Control	nd	Nd	187 ± 160	93 ± 162	280 ± 280	467 ± 162
P100-A	280 ± 196	560 ± 485	5113 ± 3556	6533 ± 647	19,693 ± 4277	36,773 ± 6580

Sumber : Syakti *et al.*, 2019.

C. Kondisi Karang Pasca Pemutihan

Pemutihan pada karang merupakan reaksi yang terjadi akibat stress yang disebabkan berbagai macam faktor. Coremap (2016), menjelaskan bahwa pemutihan karang akibat menghangatnya suhu air laut dapat ditandai bila terjadi pemutihan pada satu koloni karang secara keseluruhan. Bila dalam satu koloni karang terlihat memutih namun berupa bercak atau spot-spot berarti pemutihan dapat diindikasikan karena penyakit. Bila koloni-koloni karang memutih dan ujung-ujung percabangan masih tetap hidup berarti pemutihan kemungkinan disebabkan oleh adanya *Acanthaster planci* dan jika pemutihan karang yang disertai dengan keluarnya *mucus* yang biasanya *mucusnya* berupa lembaran maka pemutihan karang disebabkan karena adanya sedimentasi yang akut. Meskipun demikian Baird *et al.*, (2008) mengatakan bahwa indikator yang memicu respon pemutihan pada karang tersebut tidak dapat diidentifikasi lebih spesifik.

Pasca fenomena pemutihan, kondisi lingkungan serta tingkat stress akan sangat mempengaruhi proses pemulihan karang (Sjafrie, 2014). Pemulihan terumbu karang merupakan suatu upaya dari suatu koloni serta organisme simbiotiknya untuk beradaptasi dan mempertahankan kelangsungan hidup dari dampak lingkungan yang dialami (Westmacott *et al.*, 2000). Dalam upaya tersebut Grimsditch & Salm (2005) menjelaskan bahwa dalam proses pemulihan ekosistem tersebut diperlukan ketersediaan substrat keras sebagai tempat penempelan *zooxanthella* karena proses pemulihan berkaitan dengan upaya merekrut kembali *zooxanthella* dari lingkungan perairan, sehingga proses pemulihan pun tidak dapat diketahui secara pasti. Westmacott *et al.*, (2000) menjelaskan bahwa pemulihan terumbu karang beragam macamnya mulai dari terumbu karang yang satu ke yang lain sesuai dengan keunikan setiap lokasi. Dengan keadaan yang tepat serta

pembatasan tekanan antropogenik maka keberhasilan terumbu karang untuk pulih ke komunitas akan lebih cepat.

Beberapa contoh kasus di berbagai negara menggambarkan perubahan yang terjadi pada komunitas terumbu karang pasca fenomena *bleaching* di jelaskan pada (Tabel 5).

Tabel 5. Perubahan yang terjadi setelah *bleaching* pada komunitas terumbu karang.

Lokasi	Tahun	Perubahan yang terjadi
Kenyan Reef	Satu tahun setelah 1998	Penurunan 75-80% karang keras dan karang lunak, kenaikan 88-220% <i>turf dan fleshy algae</i>
Great Barrier Reef		Makroalga dominan
Tanzanian Reef	1998	Diversitas tetap, kenaikan 39% ikan herbivor
Barat Daya Australia		Bentos menjadi dominan, ikan <i>Scaridae</i> juga dominan
Bagian Selatan Great Barrier Reef	Tiga tahun setelah 1998	Jumlah dan kelimpahan ikan tidak dapat di bedakan pada saat sebelum dan setelah <i>bleaching</i> (coral cover berkurang >75%)
East Pasific Reef	1997 ENSO event	Populasi ikan tidak berkurang

Sumber : Coles dan Brown, 1993

Proses pemutihan yang banyak dilaporkan adalah pemutihan akibat kenaikan suhu dan kegiatan antropogenik yang dampaknya dapat dideteksi seperti penambangan karang dan penggunaan alat tidak ramah lingkungan. Dalam penelitian Simarangkir (2015) menunjukkan bahwa proses pemulihan memerlukan waktu 3 tahun pasca pemutihan akibat perubahan iklim di Amed Bali, membutuhkan waktu tiga tahun untuk mengalami pemulihan. Pemulihan yang terjadi pada tahun 2013 ditandai dengan peningkatan persentase tutupan karang keras sebesar 20,67% yaitu dari 33,67 % menjadi 49,00% serta peningkatan rekrutmen karang dari 9 menjadi 21 individu/m². Peningkatan tutupan karang pada proses pemulihan berkaitan erat dengan keberadaan ikan herbivore yang mana kelimpahannya dapat menekan pertumbuhan alga sehingga tersedia substrat yang menjadi tempat penempelan larva hewan karang (Pratomo *et al.*).

Dampak yang terjadi setelah pemutihan adalah perubahan pola reproduksi akibat jumlah telur yang sedikit bahkan tidak ada. Selain itu juga menyebabkan perubahan struktur komunitas karang akibat persaingan terhadap ruang dengan organisme bentik seperti *turf algae*, alga koralin, makroalga, *sponge*, *briozoa*, dan *tunicata* (Sjafrie, 2014). Hilangnya fungsi ekologis terumbu karang pasca pemutihan secara otomatis berdampak pada kurangnya biota yang berasosiasi

dengan terumbu karang (Chapron, 2018). Coles & Brown (2003) menjelaskan tiga kategori bleaching yang dapat terjadi pada karang, yaitu bleaching ringan, sedang dan berat. Jika yang terjadi adalah bleaching ringan maka kemungkinan besar terjadi pemulihan secara alami karena berbagai organisme terutama karang akan menyesuaikan diri dan setelah itu komunitas karang akan kembali normal sehingga akan terjadi penguatan jenis-jenis karang terhadap tekanan lingkungan; *Bleaching* sedang terjadi ketika kematian sebagian dari jenis-jenis karang dan karang yang kuat akan bertahan sehingga terjadi dominansi dari karang yang memiliki toleransi tinggi, sementara *bleaching* berat jika terjadi kematian massal dan tidak ada jenis-jenis karang yang bertahan hidup hingga akan terjadi perubahan struktur komunitas yang akan digantikan oleh dominansi dari makroalga.

Bleaching juga memberi dampak terhadap pola reproduksi berbagai jenis karang, seperti pada penelitian yang dilakukan (Coles dan Brown, 1993), menjelaskan pola reproduksi berbagai jenis karang setelah terjadi pemutihan (Tabel 6).

Tabel 6. Pola reproduksi beberapa jenis karang setelah terjadi *bleaching*

Reaksi terhadap <i>bleaching</i>	Jenis karang
Tidak mengandung telur	<i>Acropora, Favia, Goniastrea, Montipora, Platygyra, Syphyllia</i>
Tidak melakukan pemijahan	
Jumlah telur menjadi sedikit	<i>Acropora aspera, A. Palifer, A. Pulchra, Montipora digitata</i>
Penundaan <i>spawning, gametogenesis</i>	Karang lunak

Sumber : Coles dan Brown, 1993

D. Transplantasi sebagai Upaya Merehabilitasi Terumbu Karang

Waktu yang lama dalam proses pemulihan karang telah lama dikaji dalam beberapa penelitian. Selama proses pemulihan pada ekosistem karang, terjadi perubahan struktur komunitas yang meliputi komposisi jenis biota serta kelimpahannya sehingga setelah fenomena pemutihan pertumbuhan terumbu menjadi komunitas yang berbeda. Kembalinya fungsi ekosistem terumbu karang akibat pemutihan sangat dipengaruhi pada kesuksesan reproduksi dan rekolonisasi karang-karang yang tersisa dan dari karang-karang yang berada diluar populasi sumber terumbu (Westmacott *et al.*, 2000)

Salah satu upaya rehabilitasi terumbu karang yang telah dilakukan di Indonesia antara lain adalah dengan mengembangkan teknik transplantasi karang, yaitu dengan pemotongan dan penempelan fragmen karang hidup pada tempat yang mengalami kerusakan (Hermanto, 2015). Manfaat dari transplantasi karang di alam adalah mempercepat regenerasi terumbu karang yang telah rusak, rehabilitasi lahan-lahan kosong atau yang rusak dengan menyediakan karang keras sebagai tempat menempelnya *zooxantella*, selain itu juga mendukung ketersediaan jumlah populasi ikan karang yang membatasi laju pertumbuhan alga (Kaleka, 2004).

Keberhasilan transplantasi sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah penentuan spesies yang akan digunakan (Grimsditch dan Salm, 2005). Beberapa penelitian yang berkaitan dengan transplantasi banyak menggunakan *Acropora* seperti *Acropora* sp. (Rani, 2009; Kambey, 2013), *Acropora Formosa* (Fadli, 2008; Rani *et al.*, 2009; Hermanto, 2015; Nurman, 2017), *Acropora nobilis* dan *Acropora nosuta* (Prameliasari, 2012; Muhlis, 2019), *Acropora robusta* (Rani *et al.*, 2017) dan *Acropora aspera* (Yunus, 2015). *Acropora* merupakan karang yang mendominasi pertumbuhan karang pada perairan dangkal di Indonesia. Karang ini memiliki bentuk percabangan yang sangat bervariasi, dengan ciri khas memiliki axial koralit dan radial koralit. Karang *Acropora* mempunyai sekitar 150 jenis yang tersebar di seluruh perairan Indonesia (Suharsono 1996), serta memiliki laju pertumbuhannya yang cukup cepat dibandingkan karang lain pada kegiatan-kegiatan transplantasi, yaitu hingga 8 cm per tahun (Hermanto, 2015).

Acropora dengan bentuk percabangan yang lebih panjang dan koralitnya yang lebih kasar atau menonjol merupakan faktor utama genus ini banyak digunakan sebagai organisme untuk transplantasi karena lebih dapat bertahan pada media ketika arus atau gelombang datang dalam pergerakan yang lebih dinamis. Cepatnya penambahan panjang cabang dari jenis *Acropora* disebabkan karena struktur rangka kapurnya lebih berpori dibanding lain seperti *Porites* dan *Pocillopora* yang memiliki struktur rangka yang lebih masif atau padat (Rani *et al.*, 2017). Pemilihan *Acropora* sebagai organisme transplan pada penelitian transplantasi karang di Indonesia terus dikembangkan pada berbagai daerah dari tahun ketahun sehingga terdapat berbagai metode seperti metode rak (Subhan, 2015), jaring rang dan substrat/ pecahan karang (*rubble*) (Fadli, 2008; Rani *et al.*, 2009; Subhan, 2015), beton (Subhan, 2015; Hermanto, 2015; Taufina *et al.*, 2018),

kerangka spider (Rani *et al.*, 2017), paku substrat (Kambey, 2013; Rani *et al.*, 2017), meja konstruksi pipa (Nurman, 2017), dan metode tali (Yunus, 2015) dengan hasil pertumbuhan yang ditunjukkan pada table dibawah ini:

Tabel 7. Teknik transplantasi dan tingkat keberhasilan

Jenis Karang	Metode	Kedalaman (m)	Lokasi	Pertumbuhan (cm)	SR (%)	Sumber
<i>Acropora formosa</i>	Rubble	6	Kep. Seribu	-	16	Fadli (2008)
<i>Acropora formosa</i>	Beton	6	Kep. Seribu	-	58	Fadli (2008)
<i>Acropora formosa</i>	Rubble	10	Kep. Seribu	-	3	Fadli (2008)
<i>Acropora formosa</i>	Beton	10	Kep. Seribu	-	40	Fadli (2008)
<i>Acropora formosa</i>	Meja transplan (besi)	3-7	Pangkep	1,11	90,43	Rani <i>et. al.</i> (2009)
<i>Acropora formosa</i>	Meja transplant (pipa)	-	Konawe	-	70,8	Nurman <i>et. al.</i> (2017)
<i>Acropora sp.</i>	Meja transplant (besi)	3-7	Pangkep	1,81	90	Rani <i>et. al.</i> (2009)
<i>Acropora sp.</i>	Paku Substrat	3	Manado	-	-	Kambey (2013)
<i>Acropora sp.</i>	Paku Substrat	6	Manado	-	-	Kambey (2013)
<i>Acropora sp.</i>	Paku Substrat	9	Manado	-	-	Kambey (2013)
<i>Acropora aspera</i>	Rak transplan dengan tali (tempel)	-	Teluk Awur, Jepara	9,19	100	Yunus <i>et. al.</i> (2013)
<i>Acropora aspera</i>	Rak transplan dengan tali (gantung)	-	Teluk Awur, Jepara	10,25	<100	Yunus <i>et. al.</i> (2013)
<i>Acropora robusta</i>	Spider	3-4	Bulukumba	0,1-0,2	>96,7	Rani <i>et. al.</i> (2017)
<i>Acropora robusta</i>	Paku Substrat	3-4	Bulukumba	0,06-0,18	>96,7	Rani <i>et. al.</i> (2017)
<i>Acropora formosa</i>	Substrat beton	5	Soropia	0,2	70,83	Hermanto (2015)
<i>Acropora tenuis</i>	Meja transplan	4	Sulteng	2,30	-	Ali & Bakri (2017)
<i>Acropora tenuis</i>	Meja transplant	7	Sulteng	4,67	-	Ali & Bakri (2017)
<i>Acropora tenuis</i>	Meja transplan	10	Sulteng	3,75	-	Ali & Bakri (2017)

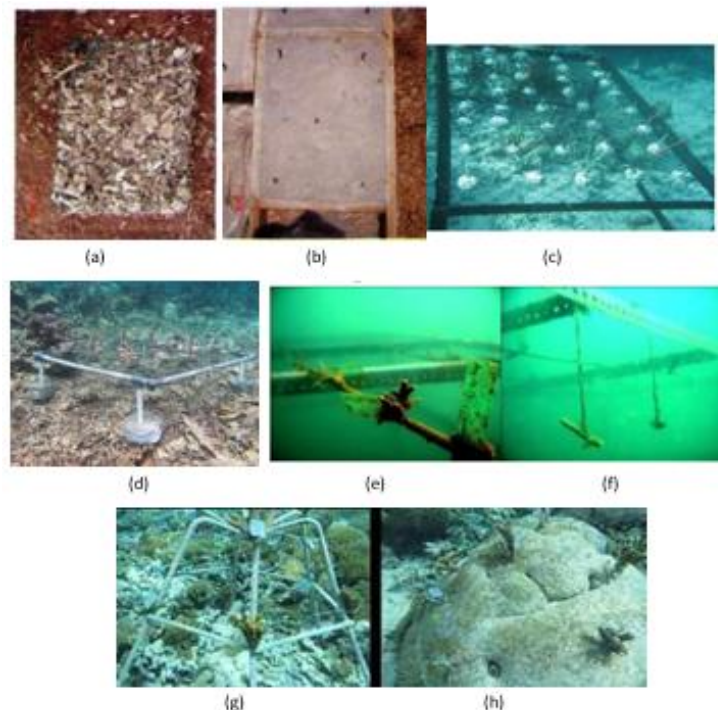
Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa perlakuan metode tanam memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan karang, akan tetapi dalam penelitian Rani *et al.* (2017), yang membandingkan antara metode spider dan paku substrat pada kedalaman 3-4 meter menemukan bahwa kedua metode tersebut memiliki efektifitas yang sama dalam merehabilitasi terumbu karang, khususnya pada peristiwa *bleaching* tahun 2016. Metode paku substrat juga digunakan dalam penelitian Kambey (2013) yang membandingkan kedalaman penempatan transplant yaitu pada 3, 6 dan 9 meter menemukan bahwa kedalaman tersebut secara statistik tidak memiliki perbedaan yang signifikan selama empat bulan pengamatan. Akan tetapi Ali & Bakri (2017) yang menggunakan metode beton, pada kedalaman 4, 7 dan 10 meter memperoleh hasil bahwa kedalaman 4 meter memiliki perbedaan yang signifikan dengan 7 dan 10 meter, sementara kedalaman 7 tidak berbeda nyata dengan 10 meter, yang mana pertumbuhan karang tertinggi terjadi pada kedalaman 7 meter jika dibandingkan dengan kedalaman 10 dan 4 meter. Selain itu Fadli (2008) yang memanfaatkan *rubble* sebagai media transplant pada kedalaman 6 dan 10 meter menemukan bahwa kedalaman 6 meter memiliki efektifitas yang baik dibanding dengan kedalaman 10 meter. Hal tersebut membuktikan bahwa kedalaman sangat berpengaruh terhadap keberhasilan (kecepatan tumbuh) transplant karena kedalaman berkaitan erat dengan penerimaan sinar matahari dan unsure hara berupa plankton (Ali & Bakri, 2017). Semakin dalam perairan, maka intensitas cahaya matahari semakin kecil. Karang bercabang yang memiliki polip kecil seperti sebagian besar genus *Acropora* membutuhkan cahaya lebih banyak dibandingkan karang yang memiliki polip lebih besar (Fadli, 2008).

Faktor keberhasilan transplant juga dipengaruhi oleh ukuran fragmen. Hermanto (2015) yang membandingkan dua jenis ukuran fragmen yaitu 2 dan 8 cm pada kedalaman 5 meter memperoleh nilai pertumbuhan mutlak yang lebih besar pada fragmen yang berukuran 8 cm. Hal tersebut terjadi karena kemungkinan penerimaan energi menjadi lebih besar pada permukaan fragmen yang lebih luas, karena lebih banyak menerima cahaya matahari untuk fotosintesis, dan berpotensi lebih besar untuk menangkap partikel makanan (Soong & Chen, 2003).

Awal pertumbuhan karang transplant dikatakan berhasil apabila bekas potongan yang terjadi pada saat fragmentasi mulai hilang (Kambey, 2013). Akan tetapi proses keberlanjutan transplantasi juga dipengaruhi oleh tingkatan stress

terhadap kualitas air dan kondisi lingkungan (Ali & Bakri, 2017), tipe substrat tempat fragmen diletakkan, kedalaman serta jumlah percabangan dari bibit karang (Nurman, 2017). Sementara indikator keberhasilan rehabilitasi ini adalah dengan melihat biota yang hidup pada terumbu karang buatan salah satunya adalah kelimpahan ikan karang (Yudizar, 2019).

Berbagai metode transplantasi telah dilakukan manusia sebagai upaya untuk mengembalikan kondisi karang yang telah mengalami kerusakan, baik kerusakan karena alam ataupun dampak dari antropogenik. Namun sampai saat ini belum pernah dilakukan upaya transplantasi karang akibat kerusakan karena sampah plastik. Metode transplantasi yang saat ini banyak digunakan adalah metode transplantasi jenis spider, metode ini dianggap menjadi salah satu Teknik rehabilitasi karang yang paling berhasil, berdasarkan penelitian yang dilakukan (Williams *et. al* 2018) di Pulau Badi menunjukkan bahwa terjadi perubahan tutupan karang yang signifikan yang pada awalnya kurang dari 10% meningkat selama 3 tahun menjadi lebih dari 60%. Keberhasilan ini ditambah lagi dengan kondisi yang cukup mampu beradaptasi dengan perubahan lingkungan yang signifikan seperti pada proses El Niño 2014-2016 kondisi karang yang mengalami pemutihan cukup rendah yaitu kurang dari 5% dengan suhu air yang lebih dari 30 derajat celsius.



Gambar 3. Teknik transplantasi: (a) metode rubble/remediasi, (b) metode beton. (c) meja transplan besi, (d) meja transplan pipa, (e) metode rak tali tempel, (f) metode rak tali gantung, (g) metode spider, (h) metode paku substrat (Fadli, 2008 ; Rani *et. al.* 2009,2017; Nurman *et. al.* 2017; Yunus *et. al.* 2013)

E. Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Kesehatan Terumbu Karang

Tekanan terhadap lingkungan dapat memberikan dampak yang cukup besar bagi kesehatan terumbu karang, hal ini dapat menyebabkan terjadinya penyakit pada koloni terumbu karang. Kerusakan terumbu karang dapat diakibatkan oleh berbagai faktor, yaitu faktor biologi, faktor fisik, dan faktor manusia. Faktor biologi yang dapat menyebabkan kerusakan pada terumbu karang ialah adanya predasi dan penyakit, sedangkan faktor fisik yang dapat menyebabkan kerusakan karang ialah adanya kenaikan suhu perairan. Faktor manusia yang dapat menimbulkan kerusakan bagi terumbu karang antara lain penambangan, sedimentasi, serta aktivitas pariwisata (Harriot dan Fisk 1988).

Penyakit pada terumbu karang didefinisikan sebagai kondisi yang tidak normal dari organisme yang memiliki peran penting dalam terumbu karang yang berasosiasi, kondisi ini disebabkan oleh faktor eksternal seperti terinfeksi penyakit atau faktor internal yang tidak berfungsi dengan baik (Barnard dan Scheske 2010).

Berdasarkan penyebabnya, penyakit karang dibedakan menjadi dua yaitu infeksi patogen (Sweet *et al.*, 2013) dan noninfeksi patogen. Patogen dibedakan menjadi dua yaitu mikro dan makro parasit. Dalam penelitian Sweet *et al.* (2013) potensi patogen didefinisikan sebagai tingkat kehadiran terjadi pada karang sehat, peningkatan dalam jumlah besar di jaringan karang sehat yang berdekatan dengan karang yang berpenyakit dan bakteri patogen berpotensi menimbulkan penyakit *white syndrom* dan *yellow band disease*. Kehadiran sebagian besar spesies alga tertentu akan menyebabkan stres pada karang dan memungkinkan munculnya penularan dari penyakit yang ada sedangkan noninfeksi dapat berupa mutasi genetik, kekurangan nutrisi, meningkatnya air laut, radiasi ultraviolet, sedimentasi dan polutan (Santavy 1997).

Menurut Redding (2013), pengaruh nitrogen menyebabkan terjadinya penyakit sindrom putih (*white syndrom*) pada karang *Porites*, selain nitrogen perubahan iklim yang menyebabkan kenaikan suhu permukaan air laut menyebabkan terjadinya pengasaman laut yang mempengaruhi pertumbuhan karang. Penyakit karang menjadi penggerak kematian karang di Indo Pasifik dengan tanda-tanda seperti pemutihan (*spotting*) dan penyakit pita hitam (*black band disease*) pada kelompok tertentu (Sheridan 2013). Menurut Richmond (1993), ada empat kondisi karang yang telah diidentifikasi sebagai penyakit

yaitu: *white band disease* (WBD), *black band disease* (BBD), infeksi *bacterial* dan *shut down reaction*.

Faktor lingkungan dapat menyebabkan hilangnya *zooxanthella* pada jaringan karang dan menyebabkan kerusakan karang hingga menyebabkan terjadinya pemutihan karang (Le Tissier 1996; Obura 2009) dan penyakit karang (Richmond 1993). Beberapa faktor eksternal yang dapat meningkatkan stres pada karang menyebabkan kematian pada karang (Douglas 2003), peningkatan dan penurunan suhu (Kushmaro 1998; Baird dan Marshall 2002; Yee 2011), peningkatan radiasi matahari (Le Tissier 1996; Yee 2011), sedimentasi yang tinggi (Weber 2012), predator yang terdapat pada perairan tersebut (Rotjan dan Lewis 2008) dan tekanan antropogenik. Menurut McClanahan (2003), karang cenderung memiliki respon yang lebih tanggap terhadap perubahan suhu perairan. Respon yang terjadi terlihat dengan hilangnya pigmen warna yang terdapat pada karang. Kehilangan pigmen warna ini menyebabkan kematian massal karang.

Menurut Brown (1997), faktor-faktor kunci yang dapat mempengaruhi terumbu karang selama periode perubahan iklim adalah naiknya permukaan laut (*sea level rise*), peningkatan suhu air laut, perubahan kelarutan mineral karbonat, bertambahnya radiasi ultra violet dan kemungkinan menguatnya aktivitas badai dan arus. Kerusakan yang terjadi pada ekosistem terumbu karang dapat disebabkan oleh perubahan iklim secara global. Menurut Gilman *et al.* (2008), kenaikan permukaan air laut yang ekstrem, badai, curah hujan (*presipitasi*), perubahan suhu, peningkatan konsentrasi CO₂, pola sirkulasi air laut dan tanggapan ekosistem merupakan dampak dari perubahan iklim secara global. Perubahan iklim global menyebabkan perubahan struktur komunitas ekosistem pesisir dan laut. Peningkatan suhu dan naiknya muka air laut menyebabkan kerusakan pada ekosistem terumbu karang dengan hilangnya *zooxanthella* pada jaringan karang.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Sampah plastik berdampak pada bleaching dan kesehatan karang
2. Kondisi ekosistem terumbu karang pasca peristiwa pemutihan memerlukan waktu 3 tahun untuk mengembalikannya ke kondisi semula.
3. Belum dilaporkan transplantasi akibat kerusakan karena plastik, namun metode spider adalah yang banyak digunakan saat ini
4. Faktor lingkungan berupa aktivitas antropogenik, suhu perairan, sedimentasi, predasi, dan penyakit berpengaruh besar terhadap kerusakan karang

B. Saran

Perlu kesadaran langsung masyarakat akan bahaya sampah plastik di laut, dan dilakukan penelitian langsung untuk mengetahui lama pemulihan pada karang yang telah mengalami pemutihan akibat plastik

DAFTAR PUSTAKA

- Agustine, A. D. 2014. Pengembangan Sektor Kelautan dan Perikanan Untuk Meningkatkan Pendapatan Asli Daerah (Studi di Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Banyuwangi). *Jurnal Administrasi Publik*, 2(2), 276-280.
- Ali, A. M. T., & Bakri, M. 2017. Pertumbuhan Karang Jenis *Acropora* Tenuis yang Ditanam Pada Kedalaman Berbeda dengan Menggunakan Metode Transplantasi. *UNM Environmental Journals*, 1(1), 01-07.
- Assuyuti, Y. M., Zikrillah, R. B., Tanzil, M. A., Banata, A., & Utami, P. 2018. Distribusi dan Jenis Sampah Laut serta Hubungannya terhadap Ekosistem Terumbu Karang Pulau Pramuka, Panggang, Air, dan Kotok Besar di Kepulauan Seribu Jakarta. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, 35(2), 91-102.
- Axworthy, J. B., & Padilla-Gamiño, J. L. 2019. *Microplastics ingestion and heterotrophy in thermally stressed corals. Scientific Reports*, 9(1).
- Baird, A. H., Bhagooli, R. Ralph, P. J dan Takahashi, S. 2008. Coral bleaching: The role of the host. *Trends in ecology & evolution*. 24. 16-20. 10.1016/j.tree.2008.09.005.
- Barnard N, Scheske C. 2010. Disease in Tropical Coral Reef Ecosystems: ICRI Key Messages on Coral Disease. 11.
- Brown, B. 1997. Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs* **16**, S129–S138.
- Brown, BE. 1997. Disturbances to Reefs in Recent Times. In. *Life and Death of Coral*. 354-379.
- Chapron, L., Peru, E., Engler, A. 2018. Macro- and microplastics affect cold-water corals growth, feeding and behaviour. *Sci Rep* **8**, 15299. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33683-6>
- Coles, S. L., & Brown, B. E. 2003. *Coral bleaching — capacity for acclimatization and adaptation. Advances in Marine Biology*, 183–223. doi:10.1016/s0065-2881(03)46004-5
- Coremap .(2016). Pemutihan Karang (Bleaching Coral) Dan Kejadian Bleaching Tahun 2016. <http://coremap.oseanografi.lipi.go.id/downloads/1170.pdf>.

- Darmawan, B & Mardiatno, D. 2012. Analisis Kerusakan Terumbu Karang Akibat Sampah Di Pulau Panggang, Kabupaten Kepulauan Seribu. *Jurnal Bumi Indonesia*
- Dedi, Zamani, N.P. dan Arifin, T. 2017. Hubungan Parameter Lingkungan Terhadap Gangguan Kesehatan Karang Di Pulau Tunda – Banten. *Jurnal Kelautan Nasional*, Vol. 11, No. 2,
- Douglas AE. 2003. Coral bleaching—how and why?. *Marine Pollution Bulletin*. 46(4), 385-392. doi:10.1016/S0025-326x(03)00037-7.
- Fachrurrozie, A., Patria, M.P. dan Widiarti, R. 2012. Pengaruh Perbedaan Intensitas Cahaya Terhadap Kelimpahan *Zooxanthella* Pada Karang Bercabang (Marga: *Acropora*) Di Perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Jurnal Akuatika* Vol. 3, No. 2.
- Fadli, N. 2008. Tingkat Kelangsungan Hidup Fragmen Karang *Acropora formosa* Yang Ditransplantasikan Pada Media Buatan Yang Terbuat Dari Pecahan Karang (Rubble). *Beritabiologi*, 9(3), 265-273.
- Fujioka, S.N. 2015. Pengaruh Sampah Anorganik Terhadap Kondisi Karang Keras. Skripsi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Hasanudin Makasar.
- Gilman EL, Ellison J, Duke NC, and Field C. 2008. Threats to mangroves from climate change and adaptation options: a review. *Aquatic Botany*. 89(2): 237-250. doi: 10.1016/j.aquabot.2007.12.009.
- Grimsditch, G. D., & Salm, R. V. 2006. Coral reef resilience and resistance to bleaching. IUCN, The World Conservation Union.
- Hall, N. M., Berry, L. E., Rintoul, L. & Hoogenboom, M. O. 2015. Microplastic ingestion by scleractinian corals. *Mar. Biol.* 162, 725–732.
- Hammer, J., Kraak, M. dan Parsons, J. 2012. Plastics in the Marine Environment: The Dark Side of a Modern Gift. *Reviews of environmental contamination and toxicology*. 220. 1-44. 10.1007/978-1-4614-3414-6_1.
- Hankins, C., Duffy, A., & Drisco, K. 2018. Scleractinian coral microplastic ingestion: Potential calcification effects, size limits, and retention. *Marine Pollution Bulletin*. 135. 587-593. 10.1016/j.marpolbul.2018.07.067.
- Harriot, V.J., Fisk, D.A. 1988. Coral transplantation as reef management option. *Proc. 6th. Int. Coral Reef Symp.* 2: 375-379 p.

- Hermanto, B. 2015. Pertumbuhan Fragmen *Acropora Formosa* Pada Ukuran Yang Berbeda Dengan Metode Transplantasi di Perairan Selat Lembeh. *Jurnal Ilmiah Platax*, 3(2), 90-100.
- Imhof, H.K., *et al.*, 2017. Spatial and temporal variation of macro-, meso- and microplastic abundance on a remote coral island of the Maldives, Indian Ocean, *Marine Pollution Bulletin*.
- Jambeck, J., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. (2015). Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* (New York, N.Y.). 347. 768-771. 10.1126/science.1260352.
- Kaleka, M. W. D. 2004. Transplantasi Karang Batu Marga *Acropora* pada Substrat Buatan di Perairan Tablolong Kabupaten Kupang. Makalah perorangan Semester Ganjil 2004, Falsafah Sains (PPS 702). Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Kambey, A. D. 2013. The Growth of Hard Coral (*Acropora* sp.) Transplants in Coral Reef of Malayang Waters, North Sulawesi, Indonesia. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(4), 196-203.
- Kementean Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2017. Pemantauan Sampah laut Indonesia. Direktorat Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Pesisir dan Laut Direktorat Jenderal Pengendalian dan Kerusakan Lingkungan.
- Kementerian Kelautan Dan Perikanan. 2017. KKP Komitmen Tangani Dampak Sampah Plastik Di Wilayah Pesisir dan Laut. Siaran Pers Nomor : SP23/SJ.07/II/2017
- Kholidah, N., Faizal, M., & Said, M. 2018. Polystyrene Plastic Waste Conversion into Liquid Fuel with Catalytic Cracking Process Using Al₂O₃ as Catalyst. *Science and Technology Indonesia*, 3(1), 1-6.
- Kushmaro A, Rosenberg E, Fine M, Haim YB, Loya Y. 1998. Effect of temperature on bleaching of the coral *Oculina patagonica* by *Vibrio* AK- 1. *Marine Ecology Progress Series*. 171:131-137.
- Kusumawati 2016. Sampah Laut: Ulasan Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Perikanan Tropis* [online] <http://www.jurnal.utu.ac.id/jptropis/article/view/48>. Vol 3, No 2
- Lamb, J. B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., & Harvell, C. D. 2018. Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, 359(6374), 460-462.

- Le Tissier MDAA, Brown BE. 1996. Dynamics of solar bleaching in the intertidal reefs coral *Goniastrea aspera* at KO Phuket, Thailand. *Marine Ecology Progress Series*. 136:235-244.
- Lesser, M. P. 2010. *Coral Bleaching: Causes and Mechanisms*. *Coral Reefs: An Ecosystem in Transition*, 405–419. doi:10.1007/978-94-007-0114-4_23
- McClanahan TR, Sala E, Stickels PA, Cokos BA, Baker AC, Starger CJ, IV SHJ. 2003. Interaction between nutrients and herbivory in controlling algal communities and coral condition on Glover's Reef, Belize. *Marine Ecology Progress Series*. 261:135-147.
- Muhlis, M. 2019. Pertumbuhan Kerangka Karang *Acropora* di Perairan Sengigi Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 19(1), 14-18.
- Nawastuti, D., & Lewoema, Z. K. 2019. Identifikasi Sampah Laut Bagi Kesejahteraan Masyarakat Desa Sinar Hading Kecamatan Lewo Iema Kabupaten Flores Timur. *Jurnal Akrab Juara*, 4(3), 1-13.
- Nurman, F. H., Sadarun, B., & Palupi, R. D. 2018. Tingkat Kelangsungan Hidup Karang *Acropora formosa* Hasil Transplantasi Di Perairan Sawapudo Kecamatan Soropia. *Jurnal Sapa Laut (Jurnal Ilmu Kelautan)*, 2(4).
- Obura, D., Grimsditch, G 2009. Coral Reefs, Climate Change and Resilience An Agenda for Action from the IUCN World Conservation Congress in Barcelona, Spain.
- Orte, M. R., Clowez, S. dan Caldeira, K. 2019. Response of bleached and symbiotic sea anemones to plastic microfiber exposure. *Environmental Pollution*. 249. 10.1016/j.envpol.2019.02.100.
- Panithanarak, T. 2015. Effects of the 2010 coral bleaching on phylogenetic clades and diversity of zooxanthellae (*Symbiodinium* spp.) in soft corals of the genus *Sinularia*. *Plankton and Benthos Research*. 10. 11-17. 10.3800/pbr.10.11.
- Prameliasari, T. A., Munasik, M., & Wijayanti, D. P. 2012. Pengaruh Perbedaan Ukuran Fragmen dan Metode Transplantasi Terhadap Pertumbuhan Karang *Pocillopora damicornis* di Teluk Awur, Jepara. *Journal of Marine Research*, 1(1), 159-168.
- Prasetyo, M. K. 2017. Floating Nursery Sebagai Metode Pembibitan Karang Hias *Acropora formosa*. pdfs. semanticscholar.org
- Pratchett, Morgan & Bay, Line & Coker, Darren & Cole, Andrew & Lawton, Rebecca. 2012. Effects of coral bleaching on coral habitats and associated fishes. 10.7882/FS.2012.012.

- Pratomo, A., Yandri, F., Apdillah, D dan Viruly, L. 2013. Kelimpahan Ikan Herbivora Sebagai Indikator Tingkat Pemulihan Ekosistem Terumbu Karang Perairan Teluk Bakau. Research Paper Digital.
- Purba, N.P. 2017. Status Sampah Laut Indonesia. Universitas Padjadjaran
- Rani, C., Tahir, A., Jompa, J., Faisal, A., Yusuf, S., Werorilangi, S., &Arniati, A. 2017. Keberhasilan Rehabilitasi Terumbu Karang Akibat Peristiwa Bleaching Tahun 2016 dengan Teknik Transplantasi. Jurnal IlmuKelautan SPERMONDE, 3(1): 13-19. ISSN: 2460-0156.
- Rani, Ch., M.F.Samawi, dan A. Faizal., 2009. Aplikasi Teknologi Budidaya Karang Hias: Suatu Usaha Untuk Penciptaan Penghasilan Tambahan Nelayan di Pulau Samatellulompo, Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan. Laporan Pengabdian Ipteks Bagi Masyarakat. Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Redding JE, Myers-Miller RL, Baker DM, Fogel M, Raymundo LJ, Kim K. 2013. Link between sewage-derived nitrogen pollution and coral disease severity in Guam. Marine Pollution Bulletin. 73(1):57-63.doi:10.1016/j.marpolbul.2013.06.002.
- Richards, Z.T. & Beger, M. 2011. A quantification of the standing stock of macrodebris in Majuro lagoon and its effect on hard coral communities. Marine pollution bulletin. 62. 1693-701. 10.1016/j.marpolbul.2011.06.003.
- Richmond RH. 1993. Present Problems and Future Concerns Resulting from Anthropogenic Disturbance. Coral Reefs. 33(6): 524-536.
- Rizal, S., Arief, P., Henky, I. 2016. Tingkat Tutupan Ekosistem Terumbu Karang Di Perairan Pulau Terkulai. Jurnal Repository UMRAH.
- Rotjan RD & Lewis SM. 2008. Impact of coral predators on tropical reefs. Marine Ecology Progress Series. 367:73-91.doi:10.3354/meps07531.
- Santavy DL, Peters EC, Quirolo C, Porter JW, Bianchi CN. 1997. Yellow-blotch disease outbreak on reefs of the San Blas Islands, Panama. Coral Reefs. 18:19.
- Septiani, B. A., Arianie, D. M., Risman, V. F. A. A., Handayani, W., &Kawuryan, I. S. S. 2019. Pengelolaan Sampah Plastik Di Salatiga: Praktik, dan tantangan. Jurnal Ilmu Lingkungan, 17(1), 90-99.
- Setiawan, F., Muttaqin, A., Tarigan, S. A., Muhidin, M., Hotmariyah, M., Sabi, A., &Pingkan, J. 2017. Pemutihan Karang Akibat Pemanasan Global Tahun 2016 Terhadap Ekosistem Terumbu Karang: Studi Kasus Di TWP Gili Matra (Gili Air,

- Gili Meno dan Gili Trawangan) Provinsi NTB. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 1(2), 39-54.
- Sheridan C, Kramarsky-Winter E, Sweet M, Kushmaro A, Leal MC. 2013. Diseases in coral aquaculture: causes, implications and preventions. *Aquaculture*. 396-399:124-135.doi:10.1016/j.aquaculture.2013.02.037.
- Simarankir, O. R., Yulianda, F., & Boer, M. 2015. Pemulihan Komunitas Karang Keras Pasca Pemutihan Karang di Amed Bali. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(2), 158-163.
- Sjafrie, N. D. M. 2014. *Coral Bleaching: Mekanisme Pertahanan Karang Terhadap stress*. Oseana, Volume XXXIX, Nomor 4, Tahun 2014 : 1- 1. ISSN 0216-1877
- Soong, K. and Chen. T. 2003. Coral Transplantation: Regeneration and Growth of *Acropora* Fragments in a Nursery. *Restoration Ecology*. 1: 62-71.
- Subhan, B., Madduppa, H., Arafat, D., & Soedharma, D. 2014. Bisakah Transplantasi Karang Perbaiki Ekosistem Terumbu Karang? Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan: Rumusan Kajian Strategis Bidang Pertanian dan Lingkungan, 1(3), 159-164.
- Suharsono. 1996. Jenis-jenis karang yang umum dijumpai di Perairan Indonesia. Jakarta: Puslitbang Oseanologi – LIPI.
- Sweet MJ. Bythell JC. Nugues MM. 2013. Algae as reservoirs for coral pathogens. *J.PLoS One*. 8(7): e69717.doi:10.1371/journal.pone.0069717.
- Syakti, A., Jaya, Y. V., Rahman, A., Hidayati, N., Raza'i, T., Idris, F., Trenggrono, M., Doumenq, P., Chou, L. (2019). Bleaching and necrosis of staghorn coral (*Acropora formosa*) in laboratory assays: Immediate impact of LDPE microplastics. *Chemosphere*. 228. 10.1016/j.chemosphere.2019.04.156.
- Tassakka, M. I. S., Musrianton, M., Admaja, A. K., Alsita, I., & Runtu, K. G. A. 2019. Perbandingan Timbulan Sampah Laut dan Daratan di Lokasi Wisata Berbasis Konservasi. *Jurnal Airaha*, 8(02), 172-182.
- Taufina, T., Faisal, F., & Lova, S. M. 2018. Rehabilitasi Terumbu Karang Melalui Kolaborasi Terumbu Buatan Dan Transplantasi Karang Di Kecamatan Bungus Teluk Kabung Kota Padang: Kajian Deskriptif Pelaksanaan Corporate Social Responsibility (Csr) Pt. Pertamina (Persero) Marketing Operation Region (Mor) I–Terminal Bahan Bakar Minyak (Tbbm) Teluk Kabung. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 24(2), 730-739.

- Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. 2018. Pemanfaatan limbah plastic sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar alternatif. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan dan IPTEK*, 14(1), 58-67.
- Weber M, Beer DD, Lott C, Polerecky L, Kohls K, Abel RMM, Ferdelman TG, Fabricius KE. 2012. Mechanisms of damage to coral exposes to sedimentasi. *PNAS*. 109 (14): E1558-E1567. doi:10.1073/pnas.1100715109.
- Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S., & West, J. 2000. Pengelolaan terumbu karang yang telah memutih dan rusak kritis. Yayasan Terumbu Karang Indonesia.
- Wibowo, D., N. 2013. bahaya kemasan plastik dari kresek. Artikel Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto.
- Williams, S., Sur, C., Janetski, N., Hollarsmith, J., Rapi, S., Barron, L., Heatwole, S., Yusuf, A., Yusuf, S., Jompa, J., Mars, F. (2018). Large-scale Coral Reef Rehabilitation After Blast Fishing in Indonesia: coral reef rehabilitation. *Restoration Ecology*. 10.1111/rec.12866.
- Yee, S., Santavy, D., & Barron, M. 2011. Assessing the effects of disease and bleaching on Florida Keys by fitting population models to data. *Ecological Modelling*. ECOL MODEL. 222. 1323-1332. 10.1016/j.ecolmodel.2011.01.009.
- Yudizar, A., & Nur, A. I. 2019. Struktur Komunitas Ikan Karang pada Terumbu Karang Buatan di Perairan Desa Tanjung Tiram Kecamatan Moramo Utara Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 4(1).
- Yunus, B. H., Wijayanti, D. P., & Sabdono, A. 2013. Transplantasi Karang *Acropora aspera* Dengan Metode Tali Di Perairan Teluk Awur, Jepara, 2, 22-28.
- Yusuf, S. 2018. *Pengaruh Penempelan Sampah Plastik Hitam Terhadap Penurunan Kesehatan Karang Pantai Sai Bima, Nusa Tenggara Barat*. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.
- Zettler, E. R., Mincer, T. J. & Amaral-Zettler, L. 2013. A. Life in the "Plastisphere": Microbial communities on plastic marine debris. *Environ. RSci. RTechnol*. 47, 7137–7146.