

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

Fakhrizal Setiawan^{a*}, Azhar Muttaqin^a, S.A. Tarigan^a, Muhidin^c, Hotmariyah^b, Abdus Sabih^b, dan Jessica Pinkan^a

^{a*}Wildlife Conservation Society – Jl. Tampomas no. 35, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

^bBalai Kawasan Konservasi Perairan Nasional (BKKN) Kupang Wilker TWP Gili Matra – Jl. Raya Pemenang-Bangsar, Kec. Pemenang, Kab. Lombok Utara, NTB, Indonesia

^cProgram Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor - Jl. Raya Darmaga Kampus IPB, Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

*Corresponding author: fsetiawan@wcs.org

Abstrak

Peningkatan suhu permukaan laut akibat pemanasan global yang terjadi dari awal hingga pertengahan tahun 2016 memberikan dampak pemutihan karang di beberapa lokasi di TWP Gili Matra. Hasil pengamatan pemutihan karang didapatkan komposisi dari koloni karang yang terkena pemutihan (50%), pucat (18%), mati (1%) dan tidak terdampak 31%. Implikasi ini mengakibatkan turunnya tutupan karang namun tidak signifikan ($F_{(1,013)}=0.333, p> 0,05$) dari $23,43\% \pm 2,61$ SE di tahun 2012 menjadi $18,48\% \pm 4,14$ SE di tahun 2016 serta penurunan signifikan ($P_{(58,06)} = 3,8e^{-06}$) rekrutmen karang (Juvenil karang) dari $6,66 \text{ ind.m}^{-1} \pm 1,04$ SE di tahun 2012 menjadi $1,41 \text{ ind.m}^{-1} \pm 0,16$ SE di tahun 2016. Dampak lainnya yaitu penurunan signifikan ($P_{(20,84)}=0,00053, p<0,001$) kelimpahan ikan terumbu dari $28.733,26 \text{ ind.ha}^{-1} \pm 3.757,89$ SE di tahun 2012 menjadi $11.431,18 \text{ ind.ha}^{-1} \pm 702,53$ SE di tahun 2016 serta penurunan biomassa ikan terumbu namun tidak signifikan ($F_{(0,58)}=0,46, P> 0,05$) dari $506,56 \text{ kg.ha}^{-1} \pm 99,05$ SE di tahun 2012 menjadi $438,41 \text{ kg.ha}^{-1} \pm 45,69$ SE di tahun 2016. Hasil penelitian menunjukkan dampak *bleaching* menyebabkan sedikitnya rekrutmen karang yang mengakibatkan proses recovery area terdampak menjadi lambat dikarenakan juvenil karang baru sebagian besar mati. Dampak kedua dari *bleaching* ini yaitu kelimpahan ikan yang turun signifikan, hal ini mengindikasikan yang tersedia hanya ikan-ikan ukuran besar (dewasa) dan sedikitnya ikan-ikan kecil termasuk juvenile yang ditemukan.

Kata Kunci: ikan karang, pemanasan global, pemutihan karang, tutupan karang

Abstract

Increased sea surface temperatures due to global warming that occurred from the early to mid 2016 caused of coral *bleaching* in several locations in TWP Gili Matra. Observations of coral *bleaching* obtained from coral colonies composition affected by bleaching (50%), white (18%), death (1%) and was not affected (31%). These implications resulting decline in coral cover but not significant ($F_{(1,013)} = 0.333, p > 0.05$) from $23,43\% \pm 2,61$ SE in 2012 to $18,48\% \pm 4,14$ SE in 2016 and a significant decrease ($P_{(58,06)} = 3,8e^{-06}$) recruitment of coral (coral Juvenil) from $6,66 \text{ ind.m}^{-1} \pm 1,04$ SE in 2012 to $1,41 \text{ ind.m}^{-1} \pm 0,16$ SE in 2016. the other impact is a significant reduction ($P_{(20,84)} = 0,00053, p < 0,001$) the abundance of reef fish from $28.733,26 \text{ ind.ha}^{-1} \pm 3.757,89$ SE in 2012 to $11.431,18 \text{ ind.ha}^{-1} \pm 702,53$ SE in 2016 and a decline in the biomass of reef fish but not significant ($F_{(0,58)} = 0,46, P > 0,05$) from $506,56 \text{ kg.ha}^{-1} \pm 99,05$ SE in 2012 to $438,41 \text{ kg.ha}^{-1} \pm 45,69$ SE in 2016. The decline of coral recruitment resulted in the recovery of the affected areas *bleaching* becomes slow because of the juvenile new coral mostly dead. The second impact of *bleaching* is an abundance of fish decrease, indicating that is available only fish big size (adult) and very less of small fishes, including juvenile.

Keywords: coral bleaching, coral cover, global warming, reef fishes

PENDAHULUAN

Pemutihan karang merupakan respon yang biasa terjadi terhadap karang scleractinia dan alcyonaria, kima, dan anemon yang

menyebabkan populasi *symbiodinium* (alga *zooxanthellae*) keluar / terdegradasi meninggalkan jaringan *tissue* karang yang menyebabkan pucat atau putih [1], [2]. Kejadian pemutihan karang masal terjadi

melibatkan banyak species karang yang cenderung menggambarkan stress lingkungan yang ekstrim [3]. Pemutihan karang masal bisa dikorelasikan dengan gangguan spesifik seperti temperatur air yang ekstrem tinggi atau rendah, radiasi matahari, sedimentasi, masukan air tawar, kontaminasi / toksik dan penyakit [3]-[6]. Faktor peningkatan suhu air laut seringkali diasosiasikan dengan pemanasan global dimana karang termasuk fauna dengan toleransi suhu yang rendah dikarenakan peningkatan suhu sebesar 1°C – $1,5^{\circ}\text{C}$ di atas rata-rata diketahui sudah dapat memicu terjadinya pemutihan karang [2], [7]-[9]. Meskipun batas toleransi karang terhadap suhu bervariasi antar species atau antar daerah pada species yang sama, tetapi hewan karang dan organisme terumbu karang hidup dengan suhu yang dekat batas atas toleransinya [10].

Peristiwa pemutihan karang merupakan indikator yang bagus akan adanya tekanan lingkungan seperti peningkatan suhu permukaan laut selama El Nino [11]. Pemutihan karang juga terjadi selama fase dingin ENSO (La Nina) pada area-area yang cenderung mengalami peningkatan suhu [12]. Contoh dari pemutihan karang masal yang cukup fenomenal terjadi tahun 1998 yang disebabkan oleh peningkatan suhu permukaan laut akibat dari kejadian El Nino [13] yang dikombinasikan dengan Indian Ocean dipole mode [14]. Kejadian El Nino terakhir yaitu tahun 2015-2016 dimana merupakan kejadian terkuat yang pernah didata [15] yang memicu terjadinya pemutihan karang masal yang keempat dalam sejarah terumbu karang dunia. Pemutihan karang masal tercatat tahun 1982-1983 [16] selanjutnya tahun 1998 [17] dan 2010 [18]. El Nino yang terjadi tahun 2015-2016 menyebabkan kematian dan pemutihan karang yang signifikan di seluruh dunia [19] yang menyebabkan beberapa daerah di perairan Indonesia mengalami perubahan suhu permukaan laut seperti di Aceh, Karimunjawa, Lombok, Sulawesi, dan daerah lainnya [20] termasuk TWP Gili Matra di dalamnya.

Taman Wisata Perairan Gili Matra (Gili Meno, Gili Ayer, dan Gili Trawangan) merupakan salah satu kawasan konservasi perairan yang terletak di sebelah utara Pulau Lombok. Luas kawasan konservasi tersebut sebesar 2.954 Ha dengan perincian 665 Ha

daratan, 227,65 Ha terumbu karang, 116,82 Ha padang lamun dan 8,24 Ha hutan mangrove [21]. Kawasan konservasi perairan tersebut merupakan salah satu kawasan konservasi yang dikelola oleh Balai Kawasan Konservasi Perairan Nasional (BKKPN) yang berkedudukan di Kupang, Nusa Tenggara Timur dan melalui Satuan Kerja sebagai perwakilan operasional pengelola yang berkedudukan di Kecamatan Pemenang. Secara administratif Taman Wisata Perairan Gili Meno, Gili Ayer, dan Gili Trawangan termasuk dalam lingkup Desa Gili Indah yang terdapat di Kecamatan Pemenang, Kabupaten Lombok Utara [22].

Pada tahun 2012 telah dilakukan kajian ekologi oleh Wildlife Conservation Society (WCS) dan BKKPN satker TWP Gili Matra dengan tujuan mengetahui kondisi ekologi terumbu karang di TWP Gili Matra. Hasil kajian tersebut kemudian digunakan sebagai dasar lokasi yang belum terkena *bleaching*. Ancaman penurunan kualitas ekosistem terumbu di TWP Gili Matra saat ini berasal dari perubahan iklim global yang mengakibatkan pemutihan karang masal. Kondisi dari fenomena pemutihan karang ini berimbas pada kesehatan ekosistem terumbu karang di TWP Gili Matra. Adapun tujuan studi ini yaitu melihat pengaruh pemutihan terumbu karang terhadap ekosistem terumbu karang di TWP Gili Matra yang terjadi pada periode (sebelum *bleaching* (2012) dan saat terjadi *bleaching* (2016)).

BAHAN DAN METODE

Survei ekologi dilakukan di Taman Wisata Perairan Gili Matra ($8^{\circ} 20' - 8^{\circ} 23' \text{LS}$; $116^{\circ} 00' - 116^{\circ} 08' \text{BT}$), Kab. Lombok Utara. Studi kali ini dilakukan Juli 2012 (sebelum terjadinya *bleaching*) dan Agustus 2016 (saat sudah terjadi *bleaching*) pada 14 lokasi pengamatan (10 titik di TWP Gili Matra dan 4 titik di *mainland* sebagai kontrol). Khusus pengambilan data coral *bleaching* dilakukan pada bulan Mei 2016 (saat suhu permukaan laut paling tinggi) sebanyak 6 titik pengamatan yang mewakili kesemua lokasi baik itu di Gili air, Meno, Trawangan maupun *mainland*.

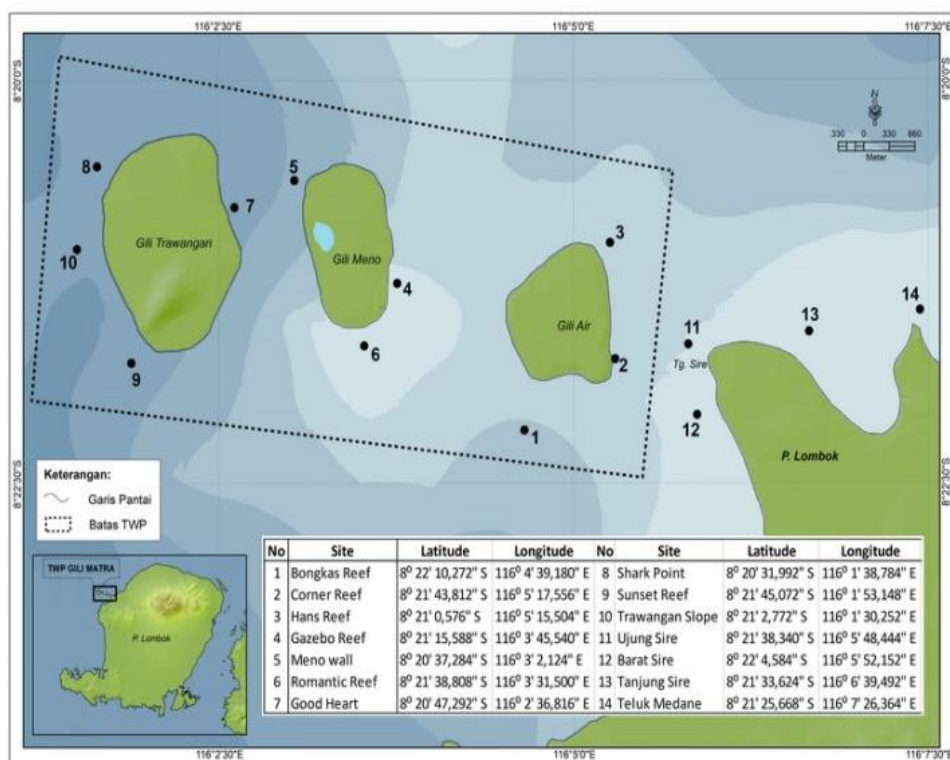
Terumbu karang

Metode pengumpulan data tutupan substrat menggunakan Point Intercept Transect (PIT) sepanjang 50 meter dengan mencatat 100 titik substrat mengikuti metode yang dilakukan pada pengamatan tahun 2012 [23]. Pencatatan jenis substrat dimasukan berdasarkan kategori : karang keras (tingkat genera), karang lunak (*soft coral*), alga (algae), spons (sponge), pasir (sand), patahan karang (rubble), dan lainnya (others). Pengumpulan data dilakukan pada kedalaman dangkal (3 – 4 meter) dan dalam (7 – 10 meter) dengan replikasi sebanyak 3 kali. Pengumpulan data rekrutmen karang keras menggunakan metode Quadrat Transect (QT) atau transek kuadrat dengan ukuran 50 x 50 cm [23], [24] yang diletakan berhimpitan dengan PIT disetiap interval 10 meter. Replika QT berjumlah antara 12 hingga 18 replikasi. Rekrutmen karang merupakan

penempelan larva planula hingga terbentuk rangka koralit. Pengumpulan data rekrutmen karang hanya mencatat jumlah koloni dan genera karang yang ukurannya kurang dari 4 cm diukur dari diameter koloni karang terpanjang disetiap transek kuadrat.

Pemutihan karang

Pengamatan dampak pemutihan karang dilakukan menggunakan metode survey cepat (*rapid assessment*; [25]) pada 6 lokasi pengamatan. Pencatatan dilakukan dengan mengestimasi kategori pemutihan pada koloni karang keras secara acak dalam radius 2 x 2 m dengan pengulangan 30 kali. Koloni karang dicatat dengan informasi genera dan diklasifikasikan ke dalam 7 kategori pemutihan, normal, pucat, putih 0 – 20%, putih 20 – 50%, putih 50 – 80%, putih 80 – 100% dan mati (Tabel 1) yang mengacu pada [26].



koloni dari juvenile hewan karang pasca

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Taman Wisata Perairan Gili Matra.

Tabel 1. Kategori pemutihan karang (sumber : [26])

Kondisi	Keterangan
Normal	100% karang dalam kondisi normal >50% koloni karang normal sisanya pucat dan atau mati
Pucat	100% koloni karang pucat >50% koloni karang pucat dan sisanya pucat dan atau mati
Putih	B1 (0 - 20% koloni karang putih)
	B2 (20 - 50% koloni karang putih)
	B3 (50 - 80% koloni karang putih)
	B4 (80 - 100% koloni karang putih)
Mati	> 50% koloni karang mati akibat pemutihan karang

Pengelompokkan genera karang yang resisten, sedang dan rentan di TWP Gili Matra berdasarkan [27]-[32]. Informasi ini selanjutnya dianalisis untuk menentukan lokasi-lokasi mana saja yang paling tinggi peluangnya terkena *bleaching*. Genera yang rentan disini dimaksudkan yakni genera-genera yang mudah terkena *bleaching* apabila terdapat indikasi peningkatan suhu perairan, sedangkan resisten yaitu genera-genera yang kuat menghadapi peningkatan suhu sehingga lebih mudah terhindar dari pemutihan karang. Genera karang yang masuk kedalam kategori sedang yakni genera-genera karang yang dapat mengalami *bleaching* namun dapat juga tidak tergantung kondisi lingkungan serta ketahanan fisik hewan. Genera-genera yang resisten, sedang dan rentan dapat dilihat dalam Tabel 2.

Ikan terumbu

Parameter ekologis ikan terumbu yang diamati adalah keragaman jenis (jumlah jenis ikan dalam suatu lokasi), kelimpahan (dalam satuan jumlah per hektare) dan biomasa (dalam satuan kilogram per hektare) dengan visual sensus mengacu pada [24]. Analisis

perhitungan kelimpahan ikan karang dihitung mengikuti [23], [33], [34]. Analisis perhitungan biomassa ikan karang mengikuti [35], [36].

Tabel 2. Kelompok genera karang yang resisten, sedang dan rentan terhadap *bleaching* di TWP Gili Matra.

Resistan	Sedang	Rentan
<i>Coeloseris</i>	<i>Alveopora</i>	<i>Acanthastrea</i>
<i>Coscinaraea</i>	<i>Astreopora</i>	<i>Acropora</i>
<i>Ctenactis</i>	<i>Barabattoia</i>	<i>Cynarina</i>
<i>Cyphastrea</i>	<i>Caulastrea</i>	<i>Merulina</i>
<i>Echinophyllia</i>	<i>Cycloseris</i>	<i>Millepora</i>
<i>Euphyllia</i>	<i>Diploastrea</i>	<i>Montipora</i>
<i>Fungia</i>	<i>Diploria</i>	<i>Pachyseris</i>
<i>Galaxea</i>	<i>Echinopora</i>	<i>Pectinia</i>
<i>Gardineroseris</i>	<i>Favia</i>	<i>Pocillopora</i>
<i>Goniopora</i>	<i>Favites</i>	<i>Seriastrea</i>
<i>Halomitra</i>	<i>Goniastrea</i>	<i>Stylophora</i>
<i>Heliofungia</i>	<i>Hydnophora</i>	<i>Isopora</i>
<i>Heliopora</i>	<i>Leptoria</i>	<i>Anacropora</i>
<i>Herpolitha</i>	<i>Lobophyllia</i>	
<i>Leptastrea</i>	<i>Montastrea</i>	
<i>Leptoseris</i>	<i>Mycedium</i>	
<i>Litophyllon</i>	<i>Oulophyllia</i>	
<i>Palauastrea</i>	<i>Oxypora</i>	
<i>Pavona</i>	<i>Platygyra</i>	
<i>Physogyra</i>	<i>Porites</i>	
<i>Plerogyra</i>	<i>Scolymia</i>	
<i>Psammocora</i>		
<i>Sandalolitha</i>		
<i>Siderastrea</i>		
<i>Stylocoeniella</i>		
<i>Symphyllia</i>		
<i>Tubipora</i>		
<i>Turbinaria</i>		
<i>Zoopilus</i>		
<i>Pseudosiderastrea</i>		
<i>Micromussa</i>		

Analisis statistik

Analisis statistik dilakukan untuk menguji apakah terdapat perbedaan signifikansi pada setiap sampel penelitian yang di ambil. Untuk menguji perbedaan tersebut dilakukan uji anova dua-arah dan uji-T. Secara umum, maksud dari analisis of

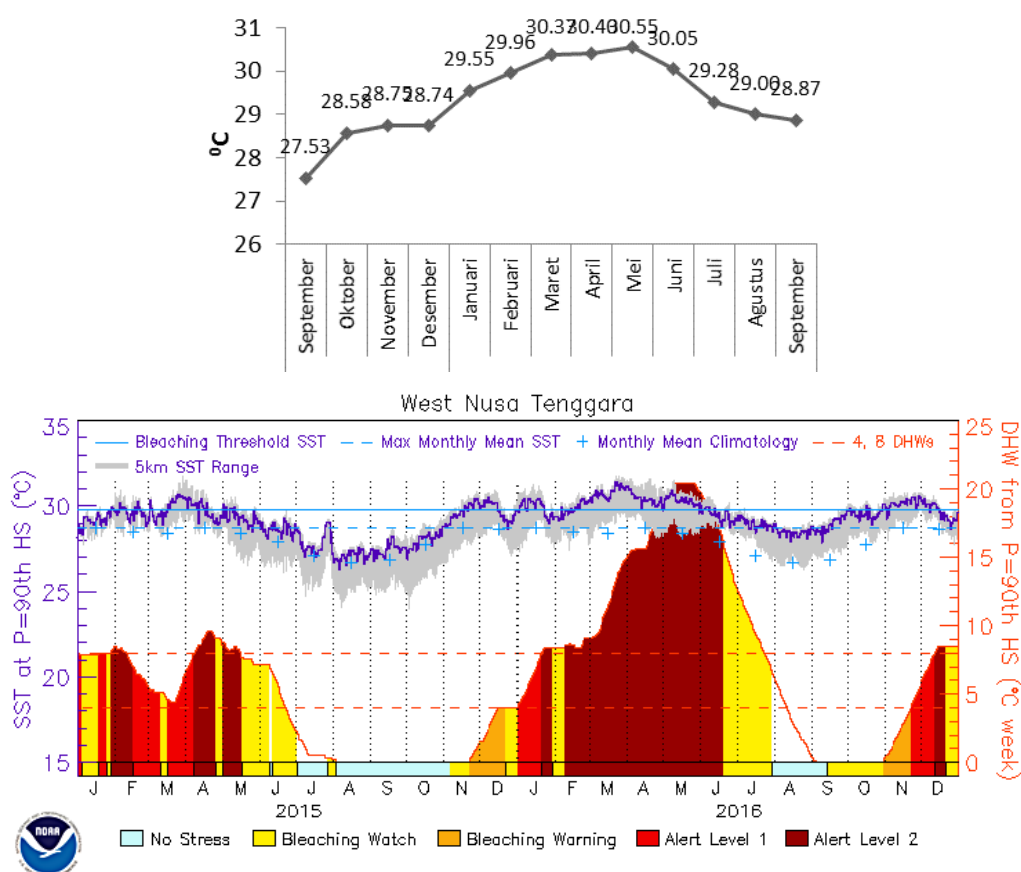
variance (ANOVA) adalah untuk menguji signifikansi dari perbedaan antara rata-rata [37]. Uji korelasi *Pearson* dilakukan juga untuk mengkaji hubungan antara masing-masing parameter ekologi yang ada di TWP Gili Matra. Analisis menggunakan *software open source* R Studio.

HASIL DAN PEMBAHASAN

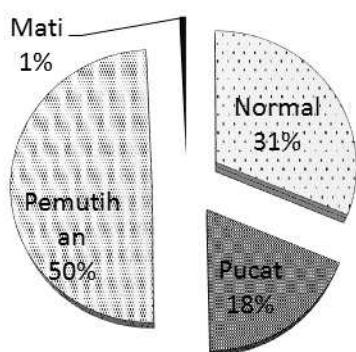
Suhu permukaan laut dan derajat panas minguang didapatkan dari data satelit NOAA coral watch virtual station di perairan Provinsi NTB. Peningkatan SPL dimulai semenjak desember 2015 dan memuncak hingga terpanas pada bulan Mei 2016 dengan suhu 30,5^o C (Gambar 2). Kenaikan suhu sudah mulai terjadi pada bulan September 2015

sampai pertengahan tahun 2016. Perubahan ini yang mengakibatkan karang tidak dapat mentoleransi kenaikan suhu perairan sehingga menyebabkan terjadinya pemutihan karang di perairan Gili Matra. Nilai DHWs (*degree heating weeks*) memperlihatkan diatas 4,8 alert level 1 dimulai dari bulan februari hingga juni 2016 merupakan puncak suhu tertinggi di wilayah NTB.

Dampak dari perubahan suhu ini menyebabkan adanya pemutihan karang di TWP Gili Matra (Gambar 3). Dari hasil pengamatan pemutihan karang didapatkan komposisi dari koloni karang yang terkena pemutihan sebesar 50%, kondisi pucat 18%, dan dalam kondisi normal 31%. Kondisi karang yang baru mati akibat pemutihan karang hanya ditemukan sekitar 1% dari jumlah koloni karang.

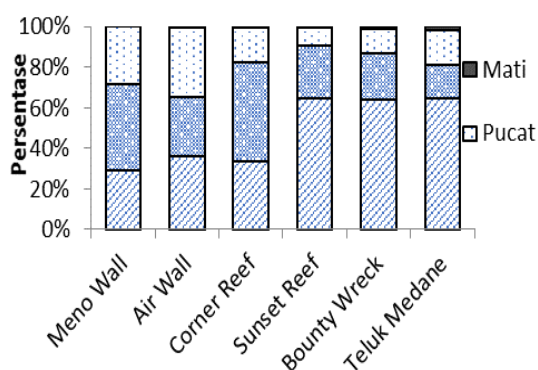


Gambar 2. Suhu permukaan laut di perairan Gili Matra yang diunduh dari September 2015 hingga September 2016 dan bawah SST (sea surface temperature dan DHW (degree heating weeks) untuk 2 tahun (2015-2016) wilayah Provinsi NTB (5 km regional virtual station) [38]



Gambar 3. Komposisi pemutihan karang di TWP Gili Matra.

Pengamatan pemutihan karang di TWP Gili Matra dilakukan pada 6 lokasi, yaitu Air Wall, Bounty Wreck, Corner Reef, Meno Wall, Sunset Reef, dan Teluk Medane. Pemutihan karang tertinggi dengan persentase rata-rata diatas 60% ada pada lokasi Sunset Reef, Bounty Wreck, dan Teluk Medane. Pada Teluk Medane juga ditemukan karang mati yang disebabkan karena pemutihan karang sebesar 2%. Sedangkan kondisi karang normal, paling banyak ditemukan pada lokasi Corner Reef sebesar 48% (Gambar 4).

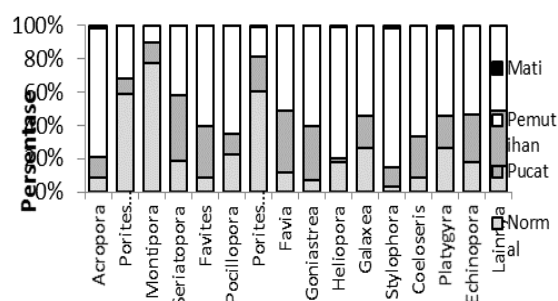


Gambar 4. Histogram komposisi pemutihan karang pada setiap lokasi pengamatan.

Terumbu karang

Berdasarkan genera karang yang ditemukan di TWP Gili Matra, terdapat 31 genera karang keras yang teridentifikasi terkena pemutihan karang dan 1 genera tidak terkena pemutihan karang. Genera *Acropora*, *Porites*, *Montipora*, *Seriatopora*, dan *Favites* merupakan genera dengan jumlah koloni

tertinggi yang didapatkan dari pengamatan pemutihan karang (Gambar 5). Genera yang banyak ditemukan dalam kondisi memutih di TWP Gili Matra adalah genera *Acropora*, *Heliopora*, *Stylophora*, dan *Pocillopora*. Genera *Acropora*, *Stylophora*, dan *Pocillopora* merupakan genera yang sangat rentan terhadap pemutihan karang [28], [30], [31]. Genera *Heliopora* yang merupakan jenis karang ahermatipik juga mengalami pemutihan akibat pemanasan global dan merupakan salah satu ancaman genus ini selain dari penyakit [39]. Hasil penelitian [19] juga memperlihatkan genus *Heliopora* mengalami *bleaching* di Pulau Bunaken.



Gambar 5. Histogram komposisi pemutihan karang dari 15 genera karang dengan jumlah koloni tertinggi yang dijumpai di TWP Gili Matra.

Implikasi dari pemutihan karang di TWP Gili Matra menyebabkan tutupan karang mengalami penurunan namun tidak signifikan ($P_{(1,013)} = 0.333$, $P > 0,05$) dari $23,43\% \pm 2,61$ SE di tahun 2012 menjadi $18,48\% \pm 4,14$ SE di tahun 2016. Serta penurunan signifikan ($P_{(58,06)} = 3,8e^{-06}$) rekrutmen karang dari $6,66$ ind.m⁻¹ $\pm 1,04$ SE di tahun 2012 menjadi $1,41$ ind.m⁻¹ $\pm 0,16$ SE di tahun 2016. Hasil uji korelasi *pearson* untuk melihat hubungan tutupan karang dengan rekrutmen karang memperlihatkan hubungan yang positif ($0,325$) meski tidak signifikan ($P > 0.05$).

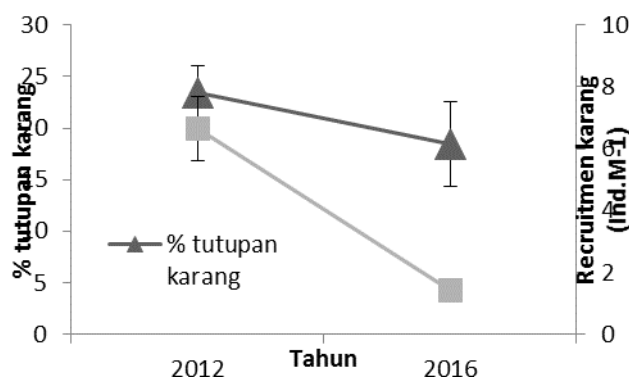
Beberapa lokasi mengalami penurunan tutupan karang antara tahun 2012 dengan 2016 yaitu Bongkas Reef ($41,5\%$ menjadi $8,5\%$), Corner Reef ($10,67\%$ menjadi 3%), Hans Reef (15% menjadi $7,83\%$), Gazebo reef ($14,83\%$ menjadi 8%), Romantic Reef ($42,67\%$ menjadi $19,17\%$), Good Heart ($6,67\%$ menjadi $2,83\%$), Sunset reef ($28,5\%$

menjadi 22%) dan Trawangan Slope (61,5% menjadi 31,17%) namun beberapa lokasi justru mengalami peningkatan seperti Meno Wall (18,67% menjadi 46%), Shark Point (20% menjadi 22,33%), Bat Sire (9,33% menjadi 9,83%), Tanjung Sire (23,5% menjadi 36%), Teluk Medane (26,67% menjadi 28,17%) dan Ujung Sire (7,67% menjadi 20%). Hasil uji Anova menunjukkan tutupan karang tidak ada perbedaan signifikan ($P > 0,05$) antar tahun maupun antar lokasi. Begitu pula perbandingan per pulau dimana Gili Air, Gili Meno dan Gili Trawangan mengalami penurunan tetapi di lokasi *Mainland* justru mengalami peningkatan. Hasil uji Anova menunjukkan tutupan karang tidak ada perbedaan signifikan ($P > 0,05$) antar tahun maupun antar Pulau (Gambar 7).

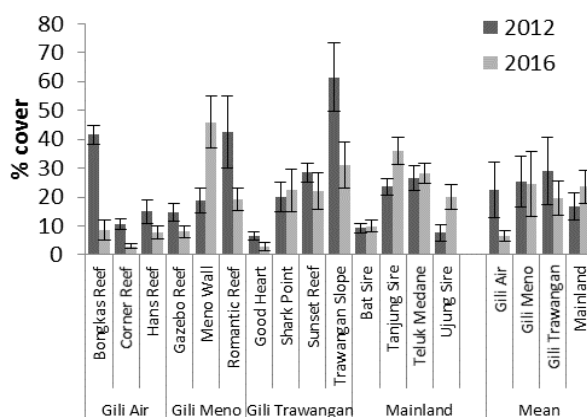
Dampak pemutihan karang juga berimbas pada rekrutmen karang yang mengalami penurunan di semua lokasi pengamatan antara tahun 2012 dengan 2016 (Gambar 8). Hasil uji Anova memperlihatkan perbedaan signifikan rekrutmen antar tahun ($P_{(58,06)} = 3,8^{e-0,6}$, $P < 0,001$) namun tidak berbeda signifikan ($P > 0,05$) antar lokasi maupun antar pulau.

Ikan terumbu

Dampak pemutihan karang terhadap ikan terumbu dikaji melalui kelimpahan dan biomasnya. Rata-rata kelimpahan ikan terumbu mengalami penurunan signifikan ($P_{(20,84)} = 0,00053$, $P < 0,001$) antar tahun dimana



Gambar 6. Rata-rata (± SE) persentase tutupan karang (▲) dan rekrutmen karang (■) di TWP Gili Matra.



Gambar 7. Histogram rata-rata (± SE) persentase tutupan karang keras pada setiap lokasi penelitian tahun 2012 dan 2016.

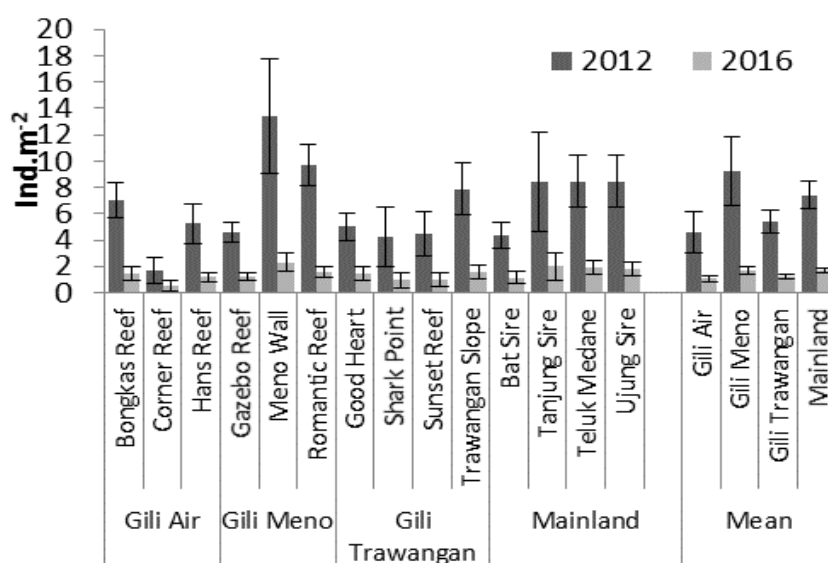
pada tahun 2012 sebesar $28.733,26 \text{ ind. ha}^{-1} \pm 3.757,89 \text{ SE}$ menjadi $11.431,18 \text{ ind. ha}^{-1} \pm 702,53 \text{ SE}$ di tahun 2016. Rata-rata biomassa

ikan terumbu mengalami penurunan tetapi tidak signifikan ($P_{(0,58)} = 0,46$, $P > 0,05$) antar tahun dimana tahun 2012 sebesar $506,56$

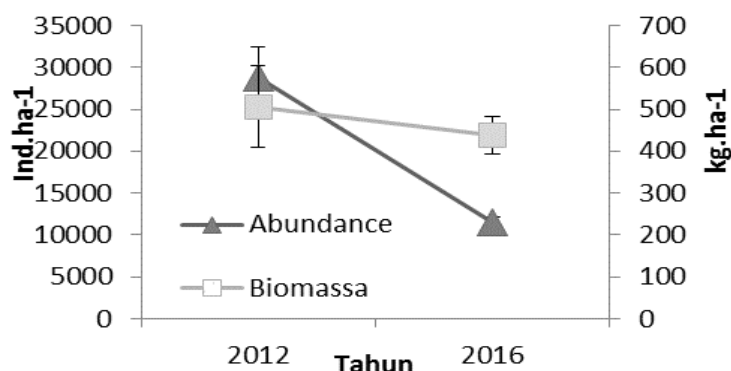
kg.ha⁻¹ ± 99,05 SE menjadi 438,40 kg.ha⁻¹ ± 45,69 SE di tahun 2016 (Gambar 9). Hasil uji korelasi *pearson* memperlihatkan korelasi positif (0,682) antara turunnya kelimpahan dan biomassa tahun 2012 dengan 2016 dengan nilai signifikansi (P< 0,001).

Ikan terumbu yang tercatat antara tahun 2012 dengan 2016 tidak berbeda jauh dimana tahun 2012 sebanyak 301 species dari 43 famili sedangkan 2016 sebanyak 297 species dari 39 famili. Hasil analisis berdasarkan kelimpahan ikan terumbu memperlihatkan

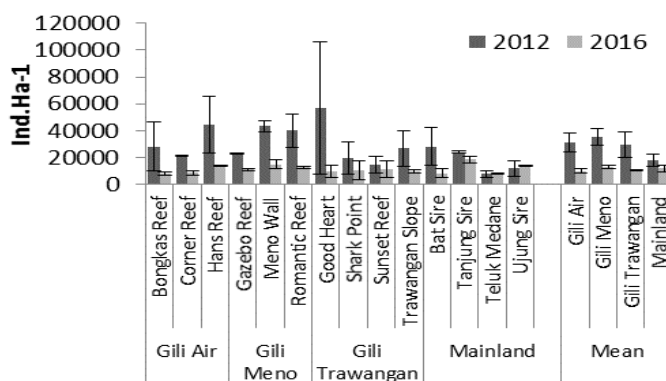
penurunan hampir disemua lokasi kecuali di Ujung sire (Gambar 10). Hasil uji *two way anova* antara lokasi dan tahun, kelimpahan ikan terumbu mengalami penurunan signifikan ($P_{(20,836)} = 0,000531$, $P < 0,001$) dibandingkan tahun 2012, namun tidak ada perbedaan signifikan antar lokasi ($P > 0,05$). Begitu pula rata-rata per pulau dimana mengalami penurunan signifikan ($P_{(24,060)} = 0,00801$, $P < 0,01$) antar tahun dan tidak ada perbedaan antar pulau ($P > 0,05$), Gambar 10.



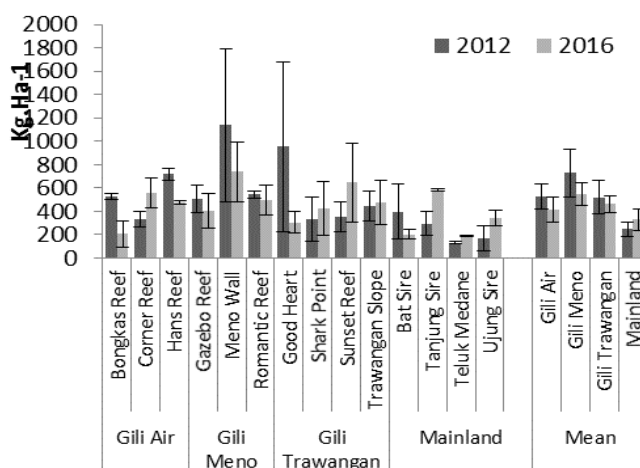
Gambar 8. Histogram nilai rekrutmen karang keras (ind.m⁻¹ ± SE) pada setiap lokasi penelitian tahun 2012 dan 2016.



Gambar 9. Rata-rata (± SE) kelimpahan ikan terumbu (▲) dan rekrutmen karang (■) di TWP Gili Matra tahun 2012 dan 2016.



Gambar 10. Perbandingan rata-rata (\pm SE) kelimpahan ikan karang (Ind.ha⁻¹) tahun 2012 dengan 2016.



Gambar 11. Perbandingan rata-rata (\pm SE) biomassa ikan terumbu (kg.ha⁻¹) antara tahun 2012 dan 2016.

Biomassa ikan terumbu

Biomassa ikan terumbu di beberapa lokasi mengalami penurunan seperti di Bongkas Reef, Hans Reef, Gazebo Reef, Meno Wall, Romantic Reef, Good Heart dan Bat Sire namun lokasi seperti Corner Reef, Shark Point, Sunset Reef, Trawangan Slope, Tanjung Sire, Teluk Medane, Ujung Sire mengalami peningkatan biomassa di tahun 2016 dibandingkan tahun 2012. Hasil uji Anova dua arah menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan ($P > 0,05$) biomassa ikan karang antara tahun 2012 dengan 2016 baik antar tahun, lokasi maupun antar pulau di TWP Gili Matra (Gambar 11).

Perbandingan antar tahun pada kelompok tipe pemakan menunjukkan penurunan keseluruhan kelompok trophic. Kelompok

Omnivore dan planktivore yang ditemukan cukup dominan juga mengalami penurunan yang signifikan sementara kelompok benthic invertivora, carnivore, coralivora, herbivore dan omnivore ditemukan kelimpahan yang rendah (Gambar 12). Hasil analisis uji t-test antar tahun didapatkan perbedaan signifikan untuk semua kelompok trophic ($P < 0,05$), sedangkan untuk kelompok coralivora karena data yang tidak homogen maka dilakukan pengujian analisis non parametric- mann Whitney. Hasil pengujian tersebut juga didapatkan perbedaan signifikan antar tahun (Asymp sig $< 0,05$). Perbandingan kelompok trophic pada biomassa ikan terumbu terlihat penurunan seperti di kelompok benthic invertivore, carnivore, coralivore, omnivore dan planktivore namun terdapat juga peningkatan seperti kelompok detritivore dan

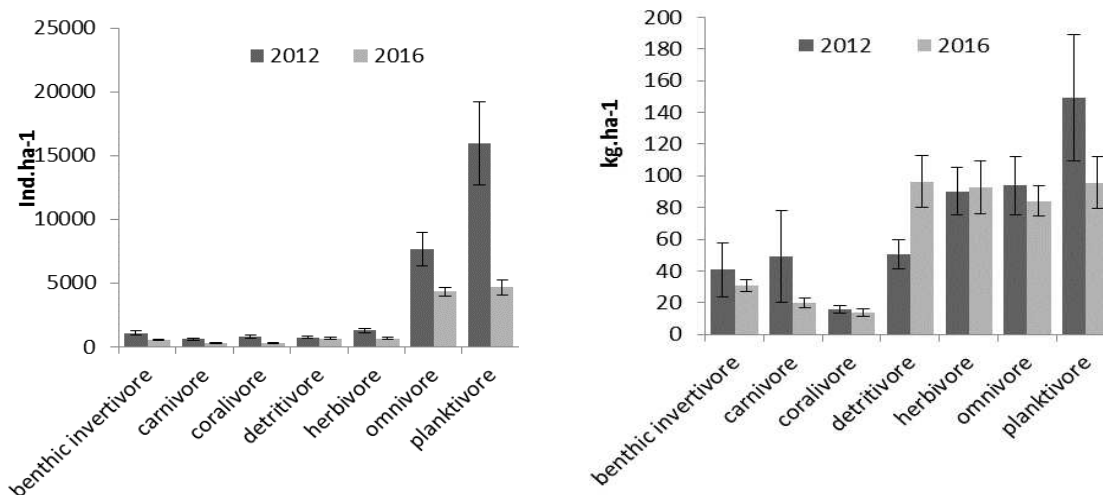
herbivore (Gambar 12). Hasil uji statistika menggunakan t-test pada kelompok trophic tidak terdapat perbedaan signifikan biomassa ikan antar tahun untuk semua kelompok trophic ($P > 0,05$), kecuali pada kelompok detritivora ditemukan mengalami perbedaan signifikan antar tahun ($P < 0,05$). Pada kelompok herbivora karena data yang tidak homogen maka dilakukan analisis non parametric- mann Whitney. Hasil pengujian tersebut didapatkan tidak ada perbedaan signifikan antar tahun (Asymp sig $> 0,05$).

Peristiwa pemutihan karang dalam skala besar dipengaruhi oleh naik-turunnya suhu permukaan laut [40], [41]. El Nino merupakan penyimpangan iklim yang diindikasikan naiknya suhu permukaan laut [42], [43]. Saat terjadinya El Nino aliran panas dari perairan Pasifik bagian barat menuju ke daerah perairan Pasifik bagian timur yang lebih dingin yang mengakibatkan peningkatan suhu permukaan laut secara signifikan. Dampak pemutihan karang terhadap ekosistem terumbu karang sangat besar, selain mengakibatkan kematian karang secara luas, pemutihan juga berdampak pada berkurangnya tingkat keanekaragaman sumberdaya alam [27]. Kejadian pemutihan

karang tahun 1998 menyebabkan kehilangan 16% terumbu karang dunia [17]. Sekitar 90 % karang mati akibat pemutihan tahun 1998 di Sumatra Barat dan Gili Matra, Lombok [44].

Kejadian *bleaching* selanjutnya tahun 2010 mengakibatkan 35% karang keras (scleractinians) yang memutih mengalami kematian di bagian utara Aceh [27] dan sekitar 60% karang keras di sekitar Sabang, Pulau Weh mati pasca kejadian *bleaching* [41]. Dampak kejadian pemutihan karang menyebabkan 65% karang di wakatobi tahun 2010-2011 mengalami *bleaching* meski yang dilaporkan sebanyak kurang dari 5% yang mati [45]. Dampak *bleaching* menyebabkan kekayaan species ikan konsumsi yang ditangkap di perairan kota sabang, Pulau Weh mengalami penurunan sekitar 50% pasca *coral bleaching* tahun 2010 [40]. Indikasi yang menunjukkan karang-karang mati terjadi setelah 40 minggu pasca tanda-tanda awal *bleaching* [46].

Terumbu karang di TWP Gili Matra mengalami *bleaching* semenjak awal tahun 2016 dimana dan genera-genera karang keras yakni *Acropora*, *Pocillopora*, *Isopora*, *Montipora*, *Echinophora* dan *Stylophora*



Gambar 12. Nilai kelimpahan dan biomassa ikan karang (kg.ha-1± SE) berdasarkan kelompok trophic pada tahun 2012 dan 2016.

mengalami tingkat kematian paling tinggi disetiap lokasi pemutihan yang tercatat dan

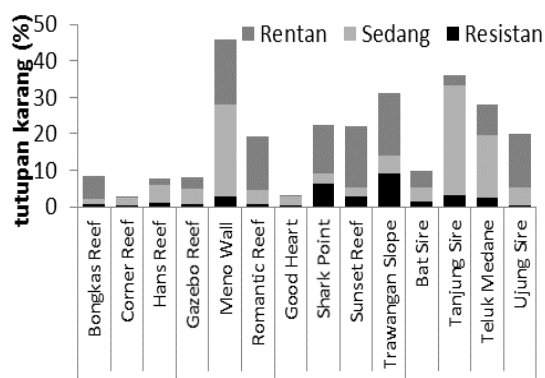
termasuk ke dalam genera yang paling rentan terhadap pemutihan karang [27]-[31]. Tingkat

kerentanan suatu lokasi terhadap pemutihan karang tidak ditentukan hanya oleh indeks pemutihan karang, karakter habitat, tutupan karang dan kekayaan genera. Akan tetapi parameter yang paling berpengaruh signifikan terhadap kerentanan terhadap pemutihan karang adalah kelimpahan dari genera-genera yang rentan seperti *Acropora*, *Isopora*, *Seriatopora*, *stylophora* dan *Pocillopora* [27], [32] dan *Montipora* [27] serta paling cepat mati jika terkena *bleaching* [32]. Semakin besar tutupan genera-genera karang tersebut semakin rentan suatu lokasi tersebut terhadap pemutihan karang. namun jenis yang bertumbuh lambat dan berbentuk massive seperti *Favites*, *Favia*, *Goniostrea*, *Astreopora* dan *Turbinaria* lebih sulit mengalami *bleaching* [27].

Nilai komposisi genera karang yang rentan, sedang dan resisten terhadap *bleaching* karang di TWP Gili Matra, didapatkan hampir semua lokasi memiliki tingkat kerentanan terhadap *bleaching*. Beberapa lokasi seperti Shark Point dan Trawangan Slope meski memiliki tutupan genera-genera yang resisten cukup banyak namun genera yang rentan jauh lebih banyak lagi (Gambar 13). Rekrutmen karang-karang muda berperan penting dalam pemulihan dan rekolonisasi pasca coral *bleaching*. Jenis-jenis karang muda yang mampu bertahan dan pulih dapat memberikan perubahan struktur komunitas karang dari sebelumnya secara substansial [39].

Sejalan dengan turunnya tutupan karang dan rekrutmen karang akibat pemutihan karang, kelimpahan dan biomassa ikan terumbu juga mengalami penurunan di TWP Gili Matra. Hilangnya terumbu karang paling berdampak terhadap ikan yang tergantung pada terumbu karang untuk hidup/tinggal dan banyak yang menghadapi resiko kepunahan akibat meningkatnya frekuensi *bleaching* [46]. Turunnya kelimpahan ikan terumbu secara signifikan diikuti turunnya biomassa namun tidak signifikan dimana ikan dari kelompok planktivora dan omnivore yang paling banyak mengalami penurunan kelimpahannya. Kedua tipe pemakan tersebut mayoritas diisi oleh ikan famili Pomacentridae dan Anthinae-sub famili Serranidae dimana kedua kelompok ikan tersebut berukuran kecil (<10 cm) berasosiasi

kuat dengan karang bercabang. Hilangnya kedua kelompok ikan tersebut dikarenakan banyaknya karang bercabang umumnya dari genus *Acropora* yang mengalami *bleaching*. Terumbu karang menyediakan rumah dan perlindungan dari para predator, khususnya bagi ikan berjenis kecil dan ini mempengaruhi pola kelangsungan hidup dan kelimpahannya saat dewasa [47]. Biomassa ikan karang yang mengalami penurunan namun tidak signifikan mengindikasikan banyaknya ukuran ikan kecil yang kelimpahannya tinggi yang tidak ditemukan lagi di tahun 2016.



Gambar 13. Histogram komposisi genera karang yang resisten, sedang dan rentan terhadap *coral bleaching* per lokasi di TWP Gili Matra.

Ikan terumbu dan terumbu karang secara langsung dipengaruhi oleh kesehatan terumbu maupun presentase penutupan karang hidup yang berhubungan dengan kesediaan makanan, tempat berlindung (*shelter*) dan lokasi memijah bagi ikan [48]. Distribusi dan kelimpahan ikan terumbu sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti sedimen, gelombang, kedalaman perairan, serta kompleksitas habitat (*rugosity*) dari substrat terumbu karang [49] serta keanekaragaman makanan dan tingkah laku reproduksi [50]. Dampak jangka lama dari pemutihan karang terjadi jika susunan struktur terumbu karang secara fisik hancur akan berakibat pada penurunan keanekaragaman spesies ikan terumbu [51]-[53]. Proses pemulihan karang pasca *bleaching* banyak tergantung pada keanekaragaman komunitas [54] terutama kelimpahan ikan herbivora yang memakan alga [55]. Ikan herbivora berperan

mengurangi alga sehingga karang muda dan karang dewasa yang sedang dalam pemulihan dapat berkembang lagi. Hasil data survei, kelimpahan ikan herbivora mengalami penurunan sedangkan biomasnya mengalami peningkatan namun tidak signifikan sehingga kemungkinan proses pemulihan (*recovery*) dapat berjalan. Pemulihan karang keras pasca gangguan berbanding lurus dengan pemulihan komunitas ikan karangnya [56]. Pemulihan karang keras pasca *bleaching* dapat terjadi jika tidak ada intervensi gangguan saat pemulihan [57] seperti kasus di Amed, Bali, dimana karang keras membutuhkan waktu 3 tahu [58] untuk pulih.

KESIMPULAN

Adanya kenaikan suhu di perairan Gili Matra yang puncaknya terjadi pada bulan Mei, menimbulkan dampak yang cukup berpengaruh terhadap kondisi ekosistem terumbu karang pada tahun 2016. Koloni karang yang terkena pemutihan sebesar 50%, sedangkan koloni dengan kondisi pucat sebesar 11%, dan koloni yang ditemukan dalam kondisi normal mencapai 31%. Karang mati yang disebabkan akibat pemutihan hanya sebesar 1%. Penurunan tutupan karang keras di perairan Gili Matra mengalami penurunan dari tahun 2012 ($23,43\% \pm 2,61$ SE) hingga 2016 ($18,48\% \pm 4,14$ SE) tetapi penurunan yang terjadi tidak signifikan ($P_{(1,013)} = 0,333$, $P > 0,05$). Kepadatan rekrutmen karang keras juga terjadi penurunan dari $6,66 \text{ ind.m}^{-1} \pm 1,04$ SE di tahun 2012 menjadi $1,41 \text{ ind.m}^{-1} \pm 0,16$ SE di tahun 2016, penurunan tersebut terjadi secara signifikan ($P_{(58,06)} = 3,8e^{-06}$). Genera karang memiliki tingkat ketahanan terhadap pemutihan karang masing-masing yang dibagi menjadi tiga kategori yaitu rentan, sedang, dan resistan. Air Core, Tanjung Sire, Corner Reef, Good Heart, dan Hans Reef merupakan lokasi dengan tingkat resistan yang tinggi dibandingkan lokasi lainnya, sehingga lokasi tersebut memiliki kemampuan untuk pulih lebih tinggi.

Penurunan kelimpahan dan biomassa ikan yang terjadi di perairan Gili Matra juga dimungkinkan dari dampak terjadinya pemutihan karang. Kelimpahan ikan karang

mengalami penurunan signifikan ($P_{(20,84)} = 0,00053$, $P < 0,001$) antar tahun dimana pada tahun 2012 sebesar $28.733,26 \text{ ind.ha}^{-1} \pm 3.757,89$ SE menjadi $11.431,18 \text{ ind.ha}^{-1} \pm 702,53$ SE di tahun 2016. Sama halnya dengan biomassa yang mengalami penurunan dari tahun 2012 ke tahun 2016 tetapi tidak secara signifikan ($P_{(0,58)} = 0,46$, $P > 0,05$). Penurunan kelimpahan dan biomassa ikan karang yang terjadi juga melingkupi kelimpahan dan biomassa dari ikan herbivora, yang berfungsi sebagai pengontrol keberadaan alga dalam proses pemulihan ekosistem terumbu karang. Walaupun terjadi penurunan tersebut, proses pemulihan dimungkinkan akan tetap berlangsung karena penurunan biomassa ikan herbivora tidak terlihat signifikan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Wildlife Conservation Society – Indonesia Program yang telah menyelenggarakan penelitian ini, BKKPN Kupang satker Gili Matra sebagai mitra dalam proses penelitian yang dilakukan di Gili Matra, Salim Cottage Gili Air sebagai penyedia jasa akomodasi selama penelitian berlangsung, dan semua pihak yang telah membantu demi terlaksananya penelitian di TWP Gili Matra tahun 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. P. Hughes, D. R. Bellwood, C. S. Folke, L. J. McCook and J. M. Pandolfi. "No-take areas, herbivory and coral reef resilience." *TRENDS Ecol. Evol.*, 22: 1-3, 2006.
- [2] A. E. Douglas. "Coral *Bleaching* – How and Why?" *Mar. Pollut. Bull.* 46 : 385 – 392, 2003.
- [3] P. W. Glynn. "Coral reef *bleaching*: facts, hypotheses and implications." *Glob. Change Biol.*, 2: 495-509, 1996.
- [4] S. V. Smith, dan R. W. Buddemeier. "Global change and coral reef

- ecosystems.” *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 23, hal. 89-118, 1992.
- [5] O. Hoegh-Guldberg. “Climate change, coral *bleaching* and the future of the world's coral reefs.” *Mar. Freshw. Res.* 50: 839-866, 1999.
- [6] B. E. Brown. “Coral *bleaching*: causes and consequences.” *Coral Reefs* 16 :S129-S138, 1997.
- [7] A. C. Baker, P. W. Glynn and B. Riegl. “Climate Change and Coral Reef *Bleaching*: An Ecological Assessment of Long-term Impact, Recovery Trends and Future Outlook“. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 80: 435 – 471, 2008.
- [8] M. P. Lesser, dan J. H. Farrell. “Exposure to solar radiation increases damage to both host tissues and algal symbionts of corals during thermal stress.” *Coral Reefs* 23: hal 367-377, 2004.
- [9] D. Saptarini, dan F.K. Muzaki. “Kajian Jenis dan Bentuk Pertumbuhan Karang yang Rentan Mengalami Pemutihan di Perairan Selat Madura, Jawa Timur”. *Pros. Semin. JIWECC*, 2010.
- [10] R. E. Johannes. *Pollution and Degradation of Coral Reef Communities*. Pp.13-51 in *Tropical Marine Pollution* (EJF Wood, and RE Johannes, eds.). Elsevier, Amsterdam, 1975.
- [11] T. Tomascik, A. J. Mah, A. Nontji, and M. K. Moosa. *The Ecology of the Indonesian Seas (Part 1 & 2)*, Vol. 7. Singapore: Periplus Edition (HK) Ltd, 1997.
- [12] R. W. Buddemeier, J. A. Kleypas and R. B. Aronson, “Coral Reefs and Global Climate Change: Potential Contributions of Climate Change to Stresses on Coral Reef Ecosystems.” *Pew Cent. Glob. Clim. Change*, 2004.
- [13] C. Wilkinson. editor. *Status of Coral Reefs of the World : 1998*. National Library of Astralia Cataloguing-in-Publication data,(Townsville, Australia, 184hal, 1998.
- [14] N. H. Saji, B. N. Goswami, P. N. Vinayachandran, & T. Yamagata. “A dipole mode in the tropical Indian Ocean.” *Nature* 401, hal.360-363, 1999.
- [15] Q. Schiermeier. “Hunting the Godzilla El Niño.” *Nature*, 526, hal.490–491, 2015.
- [16] M. A. Coffroth, H. R. Lasker, J. K. Oliver, “Coral mortality outside of the Eastern Pacific during 1982-1983: relationship to El Niño. In Glynn PW (ed.) *Global Ecological Consequences of the 1982–83 El Niño—Southern Oscillation*.” Elsevier *Oceanogr. Ser.* 52:141–182, 1990.
- [17] C. R. Wilkinson. *Status of coral reefs of the world: 2000*. (Global Coral Reef Monitoring Network and Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia, 363 hal, 2000.
- [18] S. F. Heron, C. M. Eakin, R. vanHooidonk, J. A. Maynard. *Coral Reefs*. In Laffoley D and Baxter J (eds.) *Explaining ocean warming: causes, scale, effects and consequences*. Int. Union Conserv. Nat. Press, 2016.
- [19] E. E. Ampou, O. Johan, C. E. Menkes, F Nino, F. Birol, S. Ouillon and S. Andréfouët, “Coral mortality induced by the 2015-2016 El Nino in Indonesia: the effect of rapid sea level fall,” *Biogeosciences Discuss.*, doi:10.5194/bg-2016: 375, 2016.

- [20] S. Pardede, S. A. R. Tarigan, F. Setiawan, E. Muttaqin, A. Muttaqin, dan Muhidin, Laporan Teknis: Monitoring Ekosistem Terumbu Karang Taman Nasional Karimunjawa 2016. Wildl. Conserv. Soc., Bogor. Indonesia, 68 hal, 2016.
- [21] LIPI. Baseline Survey Kesehatan Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait di Taman Wisata Perairan Gili Matra. Lemb. Ilmu Pengetah. Indones. (LIPI). Jakarta, 61hal, 2014.
- [22] T. Kartawijaya, I. Yulianto, Y. Herdiana, R. Prasetia, R. Anggraeni, K.M. Hasbi, H. Hazmi, H. Fain. "Laporan Monitoring: Aspek sosial ekonomi dalam pengelolaan taman wisata perairan gili ayer, meno, dan trawangan 2012." Wildl. Conserv. Soc-Indones. Mar. Program. Bogor: 39hal, 2012.
- [23] J. Hill and C. Wilkinson. Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs: A Resource for Managers. Aust. Inst. Mar. Sci. Reef Check, Australia, 2004.
- [24] I. Yulianto, R. Prasetia, E. Muttaqin, T. Kartawijaya, S. T. Pardede, Y. Herdiana, F. Setiawan, R. L. Ardiwijaya, dan M. Syahrir. Panduan Teknis Pemantauan Ekosistem Terumbu Karang, Padang Lamun dan Mangrove. Wildl. Conserv. Soc., Bogor. Indonesia, 2012.
- [25] T. R. McClanahan, N. A. Muttinge and S. Mangi. "Coral and Algal Changes after the 1998 Coral Bleaching: Interactions with Reef Management and Herbivores in Kenyan Reefs". Coral Reefs 19, hal.380 – 391, 2001.
- [26] E. Muttaqin, R. L. Ardiwijaya, S. T. Pardede, F. Setiawan, A. M. Siregar, M. Aris, Indra. Technical Report : Coral Bleaching Survey in Northern Aceh Seascape 2010 – 2011. Wildl. Conserv. Soc. Indones. Program.. Bogor.Indonesia, 2011.
- [27] E. Muttaqin, M. M. Kamal, S. Haryadi, S. Pardede, S. Tarigan, S. J. Campbell. "Dampak pemutihan karang terhadap ekosistem terumbu karang pada tahun 2010 di Perairan Aceh Utara." J. Teknol. Perikan. dan Keluatan - IPB. Vol 5, no 1, hal. 15 – 21, 2014.
- [28] M. S. Pratchett, D. McCowan, J. A. Maynard, S. F. Heron. 2013. Changes in Bleaching Susceptibility among Corals Subject to Ocean Warming and Recurrent Bleaching in Moorea, French Polynesia. PLoS ONE 8(2013):e70443doi:10.1371/journal.pone.0070443, dikases 12 februari 2017.
- [29] P. Marshall and H. Schuttenberg. "A Reef Manager's Guide to Coral Bleaching." Townsv. Aust. Gt. Barrier Reef Mar. Park Auth., 2006.
- [30] T. R. McClanahan, A. H. Baird, P. A. Marshall, and M. A. Toscano. "Comparing bleaching and mortality responses of hard corals between southern Kenya and the Great Barrier Reef, Australia." Mar. Pollut. Bull. 48, hal. 327-335, 2004.
- [31] Y. Loya, K. Sakai, K. Yamazato, Y. Nakano, H. Sembali, and R. van Woesik. "Coral bleaching: The winners and losers." Ecol. Lett., 4, hal.122-131, 2001.
- [32] A. H. Baird, and Marshall, P.A. "Mortality, growth and reproduction in scleractinian corals following bleaching on the Great Barrier Reef." Mar. Ecol. Prog. Ser. No 117: 133-141, 2002.

- [33] E. P. Odum. Fundamental of ecology. W.B. Saunders co., Philadelphia, 574 hal, 1971.
- [34] J. M. Marnane, R. Ardiwijaya, J. T. Wibowo, S. T. Pardede, A. Mukminin, Y. Herdiana, S. Haryanta. "Survei 2003-2004 di Kepulauan Karimunjawa, Jawa Tengah." Wildl. Conserv. Soc. Asia Pac. Coral Reef Program Indones. Bogor, 67p, 2004.
- [35] J. A. Bohnsack dan D. E. Harper. "Length-weight relationships of selected marine reef fishes from the southeastern United States and the Caribbean." NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFC-215, 31p, 1988.
- [36] Kulbicki, M, N. Guillemot dan M. Amand. "A General Aproach to Length-Weight Relationships for New Caledonian Lagoon Fishes." J. Cybium: 235-252p, 2005.
- [37] Walpole, E.R, Myers , R.H., Myers, R.L., Ye, K. Probability & statistics for engineers & scientists. Pearson educ. Boston, 2012.
- [38] NOAA, "SST, Aqua MODIS, NPP, 4km, Daytime (11 microns) (Monthly Composite)." <https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/erdMH1sstdmday.graph> (Diakses tanggal 29 November 2016 dan 3 oktober 2017).
- [39] Obura, D., Fenner, D., Hoeksema, B., Devantier, L. & Sheppard, C. *Heliopora coerulea*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T133193A3624060, 2008. diakses pada tanggal 3 Oktober 2017.
- [40] S. Westmacott, K. Teleki, S. Wells, dan J. M. West. Pengelolaan terumbu karang yang telah memutih dan rusak kritis.(IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 36, 2000.
- [41] E. Rudi. "Pemutihan Karang di Perairan Laut Natuna bagian Selatan tahun 2010." Biospecies, Vol 5, No.1, hal.1-7, 2012.
- [42] W. Endlicher. "Terrestrial Impact of the Southern Oscillation and Related El Niño and La Niña events. Pp.52-54 in Climate of the 21st Century: Changes and Risk: Scientific Facts (JL Lozán, H Graßl, and P Hupfer, eds.)." Wiss. Auswertungen, Hamburg, 2001.
- [43] P. Hupfer, H Grassl, J. lozán, Summary: Warning Signal from Climate. Pp.400-408 in Climate of the 21st Century: Changes and Risk: Scientific Facts (JL Lozán, H Graßl, and P Hupfer, eds.). Wiss. Auswertungen., Hamburg, 2001.
- [44] D. Salim. "Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang Akibat Pemutihan (*Bleaching*) dan Rusak." J. Kelautan, Vol 5,. no.2 ,2012.
- [45] J. R. Wilson, R. L. Ardiwijaya, R. Prasetia. A Study of the Impact of the 2010 Coral *Bleaching* Event on Coral Communities in Wakatobi National Park . (The Nature Conservancy, 29hal, 2012.
- [46] M. S. Pratchett, P. L. Munday, S. K. Wilson, N. A. J. Graham, J. E. Cinner, D. R. Belwood, G. P. Jones, N. V. C. Polunin dan T. R. Mcclanahan. "Effects of Climate-Induced Coral *Bleaching* on Coral-ReefFishes-Ecological and Economic Consequences." Ocean. Mar. Biol. Annu. Rev.,46, hal. 251-296, 2008.
- [47] D. B. Eggleston. "Recruitment in Nassau grouper *Epinephelus striatus*: post-settlement abundance, microhabitat features, and ontogenetic habitat shifts." Mar. Ecol. Prog. Ser. 124: 9–22, 1995.

- [48] Sukarno, M. Hutomo, M. K. Moosa, P. Darsono. *Terumbu Karang di Indonesia: Sumberdaya, Permasalahan dan Pengelolaannya. Proyek Penelitian Potensi Sumberdaya Alam Indonesia*. LON-LIPI, Jakarta.112, 1983.
- [49] P. Chabanet, H. Ralambondrainy, M. Amanieu, G. Faure & R. Galzin. "Relationship between coral reef substrata and fish". *Coral Reefs* 16: 93-102, 1997.
- [50] R. Galzin, S. Planes, V. Dufour, and B. Salvat. "Variation in Diversity of coral Reef Fish Between French Polynesian Atolls". *Coral Reefs* Vol 13, hal. 175, 1994. <https://doi.org/10.1007/BF00301196>
- [51] Garpe, K. C., S. A. S. Yahya, U. Lindahl, and M. C. Ohman. "Longterm effects of the 1998 coral *bleaching* event on reef fish assemblages." *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 315:237-247, 2006.
- [52] Glynn, P. W. "Fish utilization of simulated coral reef frameworks versus eroded rubble substrates off Panama, eastern Pacific." *Proc. 10th Int. Coral Reef Symp.* 1: 250-256, 2006.
- [53] Graham, N. A. J. Wilson, S.K, Jennings, S. Polunin, N. V. C, Robinson, J. Bijoux, J. P, Daw, T. M. "Lag Effects in the Impacts of Mass Coral *Bleaching* on Coral Reef Fish, Fisheries, and Ecosystems." *Conserv. Biol.*, Vol 2.no 1, 2007.
- [54] G. D. Grimsditch and Salm RV. "Coral Reef Resilience and Resistance to *Bleaching*." *World Conserv. Union Gland, Switzerland*, 2006.
- [55] T. P. Hughes, D. R. Bellwood, C. S. Folke, L. J. McCook and J. M. Pandolfi. "No-take areas, herbivory and coral reef resilience." *TRENDS Ecol. Evol.*, 22: 1-3, 2006.
- [56] M. J. Emslie, A.J. Cheal, H. Sweatman and S. Delean. "Recovery from disturbance of coral and reef fish communities on the Great Barrier Reef, Australia." *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 371: 177-190, 2008.
- [57] M. S. Pratchett, S.K. Wilson and A.H. Baird. "Declines in the abundance of *Chaetodon* butterflyfishes following extensive coral depletion." *J. Fish Biol.* No. 69, hal.1269-1280, 2016.
- [58] O. R. Simarankir, F. Yulianda and M. Boer. "Community recovery of hard coral post *bleaching* event in Amed, Bali." *J. Ilmu Pertanian (JIPI)*, Vol.20 (2), hal. 158-163, 2015.