

# Pemulihan Komunitas Karang Keras Pasca Pemutihan Karang di Amed Bali

## (Community Recovery of Hard Coral Post Bleaching Event in Amed Bali)

Omega Raya Simarangkir<sup>1\*</sup>, Fredinan Yulianda<sup>2</sup>, Mennofatria Boer<sup>2</sup>

(Diterima April 2015/Disetujui Juli 2015)

### ABSTRAK

Perubahan iklim telah menjadi tekanan terbesar bagi terumbu karang di seluruh dunia dengan salah satu tekanan paling serius adalah kejadian pemutihan karang massal yang berhubungan dengan peningkatan suhu air laut. Pada tahun 2010 terjadi pemutihan karang di beberapa kawasan terumbu karang dunia. Perairan Amed merupakan salah satu kawasan terumbu karang yang mengalami dan terdampak kejadian tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemulihan komunitas karang keras pasca pemutihan karang yang terjadi pada tahun 2010. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan sekunder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2013 komunitas karang keras di Amed mengalami pemulihan, yaitu rata-rata persentase tutupan karang keras mengalami peningkatan menjadi 49,00% sedangkan tutupan makroalga mengalami penurunan menjadi 0,67%. Pada tahun 2013 rekrutmen karang keras juga mengalami peningkatan menjadi 21 individu/m<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** Amed, karang keras, makroalga, pemulihan, pemutihan karang

### ABSTRACT

Climate change is now recognized as one of the greatest threats to worldwide coral reefs with one of the most serious and immediate threats of mass coral bleaching associated with increasing sea temperatures. Coral bleaching occurred in a few coral reefs throughout the world in 2010. Coral reef in Amed's coastal area was the one of the reefs that experienced and affected by coral bleaching incident. This study aims to assess recovery of hard coral community in post-bleaching in 2010. A survey method was used to collect primary data. Data sets also supported by secondary data. This study results were hard coral community recovered in 2013, as its percentage cover increased up to 49.00%. However, macroalgae decreased up to 0.67%. Hard coral recruitment in 2013 increased up to 21 individual/m<sup>2</sup>.

**Keywords:** Amed, coral bleaching, hard coral, macroalgae, recovery

### PENDAHULUAN

Terumbu karang di kawasan Inisiasi Segitiga Terumbu Karang (Indonesia, Filipina, Malaysia bagian timur, dan Timor Leste) terus mengalami penurunan disebabkan oleh penangkapan ikan berlebihan, sedimentasi, polusi dari aktivitas perkotaan maupun industri sebagai imbas dari pembangunan pesisir yang berkembang sangat pesat (Wilkinson 2008). Tekanan-tekanan tersebut diperparah dengan perubahan iklim yang telah menjadi tekanan terbesar bagi terumbu karang secara global. Perubahan iklim berdampak banyak bagi terumbu karang. Salah satu yang paling serius adalah pemutihan karang (*coral bleaching*) massal akibat peningkatan suhu permukaan air laut.

Pemutihan karang akibat peningkatan suhu menyebabkan rata-rata 16% kerusakan terumbu karang di dunia pada tahun 1998. Beberapa daerah mengalami kerusakan 50–90% (Wilkinson 2000). Pemutihan karang merupakan gangguan alam utama yang memengaruhi terumbu karang di beberapa daerah Indonesia (Suharsono 1998). Pemutihan karang kembali terjadi di tahun 2010 dan Bali ikut terkena dampak. Rata-rata persentase pemutihan karang di Bali sekitar 10%, dengan tingkat kematian <5%. Pemutihan karang tertinggi saat itu di seluruh Bali ditemukan di Lipah/Amed dengan pemutihan >50% (RCFI 2012).

Hoegh-Guldberg (1999) memprediksi adanya degradasi terumbu karang di mana kejadian serupa akan lebih sering terjadi di masa mendatang. Berdasarkan piramida Marshall dan Schuttenberg (2006), pemutihan sering mengakibatkan kematian karang sebagaimana spesies/genus karang memiliki toleransi berbeda dalam merespons panas. Kemampuan karang untuk mengadakan penyesuaian terhadap perubahan suhu dapat bervariasi menurut spesies, genus, bentuk pertumbuhan, dan tempat hidupnya

<sup>1</sup> Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Lautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.

<sup>2</sup> Departemen Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.

\* Penulis Korespondensi: E-mail: omega\_raya@yahoo.com

(Brown & Suharsono 1990; Siringoringo 2007). Hingga saat ini belum diketahui cara menghentikan fenomena pemutihan karang akibat peningkatan suhu. Apabila hal ini terjadi akan merusak ekosistem terumbu karang dalam skala masif, mengganggu keseimbangan ekosistem laut dan pada akhirnya bermuara pada kesejahteraan masyarakat.

Terumbu karang yang mengalami pemutihan dapat pulih secara alami. Penelitian Brown dan Suharsono (1990) menunjukkan pulihnya struktur komunitas secara signifikan pada lokasi yang sebelumnya mengalami pemutihan karang yang disertai kematian 80–90%. Nybakken (1992) menjelaskan bahwa hewan karang dapat pulih dari kejadian pemutihan karang dengan merekrut kembali *zooxanthella* dari lingkungan perairan ketika kondisi membaik, atau karang dapat mati jika tetap terekspos kondisi ekstrim dalam jangka waktu yang cukup lama. Pemulihan dapat terhambat oleh lapisan alga dan karang lunak yang dengan cepat mengambil alih kerangka karang yang mati dan tidak membentuk substrat yang sesuai untuk rekolonisasi karang. Secara alami, respons terumbu karang terhadap perubahan dan tekanan lingkungan adalah berusaha bertahan, pulih hingga resiliensi, yaitu membentuk kembali komunitas yang stabil setelah mengalami gangguan (Obura & Grimsditch 2009). Pemulihan dapat dilihat dari peningkatan tutupan karang keras sebagai komponen utama pembentuk terumbu. Kembalinya tutupan karang setelah gangguan merupakan salah satu ukuran pemulihan (Berumen & Pratchet 2006; Golbuu *et al.* 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemulihan komunitas karang keras pasca kejadian pemutihan dengan cara membandingkan persentase tutupan karang keras hidup dengan makroalga. Hasil penelitian diharapkan dapat mendukung pengelolaan terumbu karang di Amed.

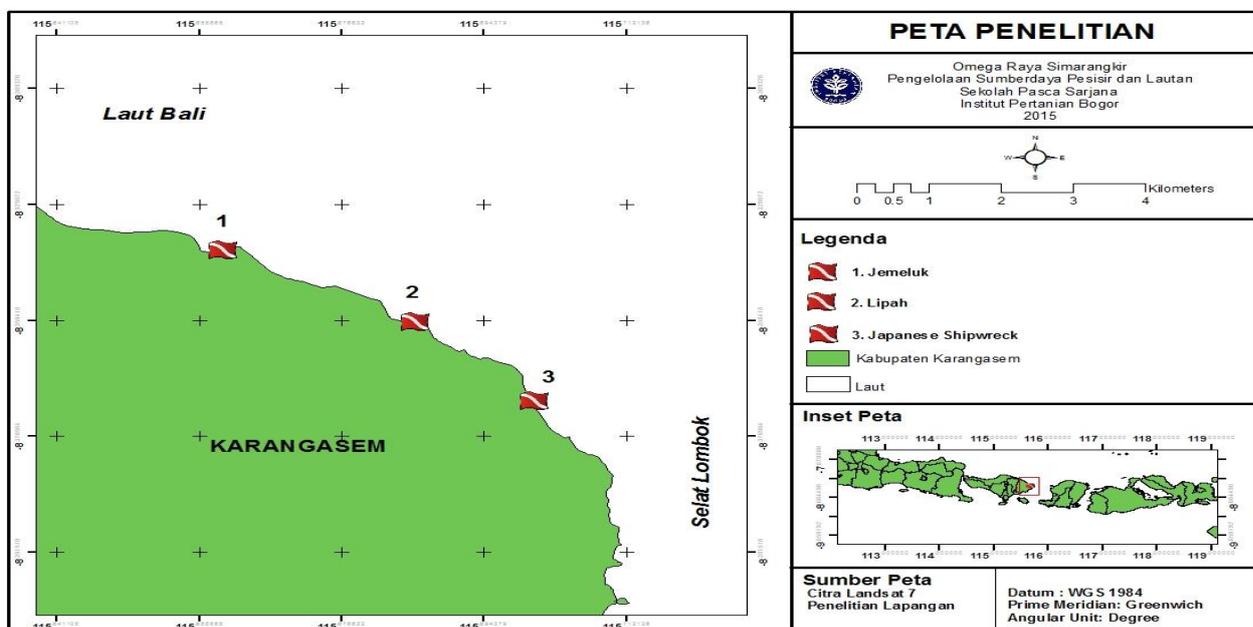
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di pesisir Amed, Bali Timur. Pesisir Amed memiliki nilai penting terhadap perekonomian masyarakatnya sebagai nelayan maupun pelaku wisata bahari berbasis terumbu karang. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli–Agustus 2013. Pengambilan data dilakukan pada tiga lokasi penelitian yaitu Jemeluk, Lipah, dan Japanese Shipwreck (Gambar 1). Lokasi-lokasi penelitian tersebut mewakili karakteristik terumbu karang di pesisir Amed.

### Metode Pengambilan Data

Metode survei digunakan dalam penelitian ini untuk pengambilan data primer. Sementara data sekunder diperoleh melalui penelusuran literatur. Survei dilakukan dengan metode *point intercept transect* (PIT) berdasarkan modifikasi dari Obura dan Grimsditch (2009) mengenai protokol pengambilan data resiliensi terumbu karang, dan disesuaikan dengan ketersediaan sumber daya yang ada. Metode PIT sering digunakan untuk mengukur tutupan invertebrata benthik yang menetap (sesil), alga, dan tipe substrat (karang keras dan lunak, sponge, makroalga, serta invertebrata benthik lainnya) karena sifatnya yang cepat, efisien, dan memberikan estimasi untuk tutupan komunitas benthik (Hill & Wilkinson 2004). Penelitian ini menggunakan titik variabel substrat sebanyak 200 titik yang diperoleh dari pencatatan disetiap 25 cm dari 2 x 25 m panjang transek.

Data sekunder yang digunakan ialah data pendukung yang diperoleh dari *Reef Check Foundation* Indonesia (RCFI), yaitu data *time series* terumbu karang (2009–2011). Metode dan lokasi pengambilan data primer sama dengan metode yang



Gambar 1 Peta lokasi penelitian.

digunakan oleh RCFI pada tahun 2009–2011 sehingga meminimalisir kemungkinan terjadinya bias data.

**Analisis Data**

Data yang diambil adalah persentase tutupan karang keras hidup dan tutupan makroalga di tiap lokasi pengambilan data. Data persentase tutupan karang keras dihitung dengan rumus English *et al.* (1994):

$$\% \text{ tutupan substrat} = \frac{\text{jumlah tiap komponen kategori karang}}{\text{total titik pengamatan}} \times 100\%$$

Untuk mencapai tujuan penelitian dilakukan analisis perbandingan persentase tutupan karang keras hidup dan makroalga dari tahun 2009–2013. Dengan cara ini dapat diperoleh gambaran bahwa selama 4 tahun pengambilan data (tahun 2012 tidak dilakukan pengambilan data) terjadi tren perubahan persentase tutupan pada karang keras hidup maupun makroalga yang disebabkan berbagai faktor, salah satunya pemutihan karang pada tahun 2010.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kejadian Pemutihan Karang Tahun 2010 di Lokasi Penelitian**

Pemutihan karang yang dimaksud dalam penelitian ini disebabkan oleh meningkatnya suhu permukaan air laut. Secara umum, pengertian pemutihan karang adalah terpisahnya alga yang bersimbiosis (*Zooxanthellae*) dari induk karang (Wilkinson 2000). Douglas (2003) menjelaskan pemutihan karang terjadi dikarenakan hilangnya sebagian hingga keseluruhan populasi *Symbiodinium*, sehingga terdapat beberapa macam level pemutihan karang; dari *pale* (pucat) hingga putih 100%. Lebih lanjut dalam skala luas, pemutihan karang telah menjadi faktor yang mengancam dan telah merusak perekonomian di berbagai negara berkembang dan mata pencahariannya. Kejadian tahun 2010 ini telah diprediksi oleh

NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) via data satelit SST (*Sea Surface Temperature*) tentang adanya peningkatan potensi pemutihan pada pertengahan tahun 2010. Berdasarkan *virtual station* NOAA Coral Reef Watch di Bali Barat, saat itu suhu permukaan air laut di Bali pada bulan Maret–April mengalami peningkatan hingga melewati ambang batas karang, yaitu 30,70 °C (Gambar 2). Hal ini yang menjadi akar permasalahan pemutihan karang massal di Bali.

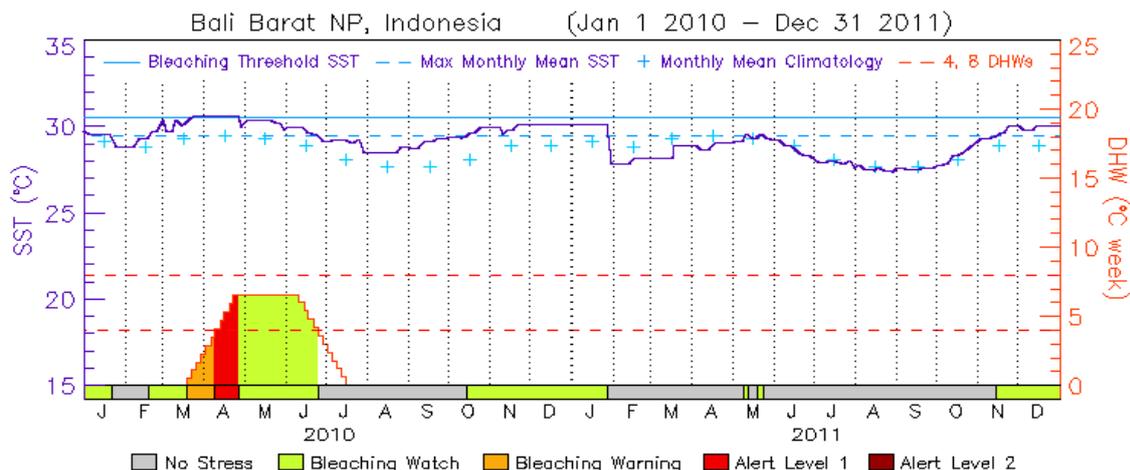
Data hasil rekaman satelit NOAA (Gambar 2) menunjukkan terjadi peningkatan suhu permukaan laut yang melewati ambang batas selama ± 2 bulan. Tekanan tersebut menyebabkan karang mengalami pemutihan massal di Amed sekitar 57% (tertinggi di Bali) (RCFI 2011).

**Tutupan Karang Keras Hidup Tahun 2009–2013**

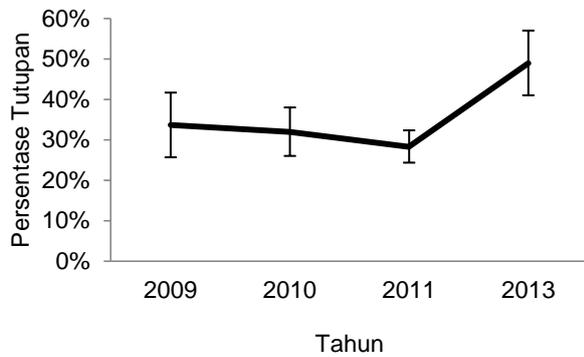
Terumbu karang di perairan Amed merupakan salah satu kawasan di Indonesia yang terdampak perubahan iklim dalam bentuk pemutihan karang. Sementara Amed sendiri sangat mengandalkan sektor pariwisata, perikanan, dan sosial budaya dalam pembangunannya. Pariwisata sendiri berkembang dengan memanfaatkan jasa terumbu karang sebagai objek utamanya. Otomatis fenomena pemutihan ini berpengaruh signifikan terhadap pemanfaatan sumber daya laut di Amed.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase rata-rata tutupan karang keras hidup mengalami penurunan pada tahun 2011 dan kemudian mengalami peningkatan pada tahun 2013. Penurunan persentase tutupan karang keras hidup pada tahun 2011 diduga sebagai dampak pemutihan karang tahun 2010 (Gambar 3).

Rata-rata persentase tutupan karang keras hidup secara berurutan dari tahun 2009–2013 sebesar 33,67, 32,00, 28,33, dan 49,00%. Pada tahun 2011 tutupan karang mengalami penurunan sebesar 3,67% selanjutnya tahun 2013 meningkat sebesar 20,67%. Penurunan persentase tutupan karang keras hidup pada tahun 2011 karena kondisi lingkungan perairan tidak mendukung kehidupan dan pertumbuhan karang



Gambar 2 Suhu permukaan Laut Bali Barat pada 1 Januari 2010–31 Desember 2011 (Coral Reef Watch 2013).



Gambar 3 Rata-rata persentase tutupan karang keras hidup di Amed.

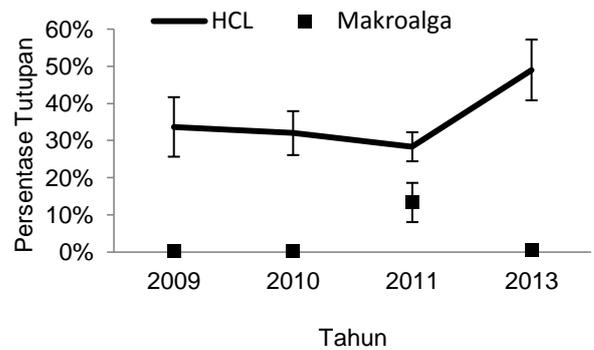
meningkatnya suhu muka laut dengan durasi yang cukup lama, yaitu sekitar 2 bulan. Kosekuensinya, beberapa genus karang rentan tidak dapat bertahan hidup. Namun dengan normalnya suhu disertai upaya pengendalian oleh masyarakat di beberapa lokasi, peningkatan persentase tutupan karang keras hidup kembali terjadi pada tahun 2013.

**Tutupan Karang Keras Hidup dan Makroalga**

Penelitian pada tahun 2011 merupakan pengambilan data pertama pasca kejadian pemutihan karang tahun 2010. Hasil penelitian menunjukkan kejadian pemutihan di tahun 2010 diikuti dengan kematian beberapa koloni karang yang diindikasikan melalui penurunan persentase tutupan karang keras hidup. Penurunan tersebut disertai dengan peningkatan persentase tutupan makroalga.

Pada tahun 2011 persentase tutupan karang keras hidup mengalami penurunan sebesar 3,67% disertai peningkatan tutupan makroalga sebesar 13,16%. Menurut Diaz dan McCook (2008), penurunan tutupan karang berbanding terbalik dengan tutupan makroalga. Dengan tingginya kematian karang maka makroalga akan menggantikan posisi ruang karang tumbuh. Kerangka kapur hewan karang yang telah mati selalu memfasilitasi pertumbuhan alga. Selain itu, karang dan makroalga merupakan dua dari beberapa komponen bentik yang saling berkompetisi merebut ruang. Karang dengan rata-rata pertumbuhan sangat lambat akan terhalang oleh makroalga yang tumbuh sangat cepat terutama di lokasi-lokasi dengan suplai dan indikator *nutrient* tinggi. Menurut Jompa dan McCook (2002), tingginya tekanan dapat menyebabkan pergantian fase komunitas dengan dominansi makroalga di mana memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan karang keras hidup.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase tutupan karang keras hidup dari seluruh lokasi penelitian berbanding terbalik dengan persentase tutupan makroalga (Gambar 4). Pada tahun 2013 persentase tutupan karang mengalami peningkatan sedangkan persentase tutupan makroalga mengalami penurunan. Pada tahun 2013 persentase tutupan karang hidup mengalami peningkatan sebesar 20,67% sedangkan makroalga mengalami penurunan sebesar 12,66%. Peningkatan tutupan karang keras



Gambar 4 Perbandingan persentase rata-rata tutupan karang keras hidup dan makroalga.

menunjukkan terjadinya pemulihan pasca pemutihan karang di Amed.

**Pemulihan Komunitas Karang Keras Hidup**

Pemulihan terumbu karang di Amed terlihat pada tahun 2013, yaitu peningkatan persentase tutupan karang keras sebesar 20,67%. Pemulihan ini diduga dikarenakan komposisi genus karang di Amed didominasi oleh karang rentan. Menurut Obura dan Grimsditch (2009), karang rentan merupakan jenis karang yang mudah terdampak dengan adanya kenaikan suhu air laut. Karang rentan terdiri dari genus *Acropora*, *Montipora*, *Pocillopora*, *Stylopora*, dan *Seriatopora*. Namun di sisi lain karang rentan jenis bercabang tersebut tingkat pertumbuhannya cepat sehingga mendukung pemulihan karang melalui peningkatan persentase tutupan karang keras. Karang bercabang memiliki pertumbuhan 7 cm/tahun sedangkan yang masif 0,5 cm/tahun (Nybakken 1992; Veron 2000).

Pemulihan komunitas karang keras di Amed didukung oleh komposisi genus karang dan faktor oseanografi. Komposisi genus karang jenis cepat tumbuh diindikasikan sebagai salah satu faktor pendukung peningkatan tutupan karang keras karena laju pertumbuhannya lebih cepat dibanding jenis lainnya. Letak Amed yang berada di ujung timur pulau Bali memungkinkan kawasan tersebut secara langsung bersinggungan dengan Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) yang membantu optimalisasi kondisi suhu di terumbu. Hal ini berakibat positif bagi lokasi penelitian ini untuk mendapatkan suplai larva karang maupun ikan yang cukup untuk proses pemulihan. Selain itu, ARLINDO juga menjamin ketersediaan makanan bagi karang sehingga menjamin pertumbuhan karang yang ideal (Suharsono 2010).

Pemulihan komunitas karang keras juga diperlihatkan dengan adanya peningkatan rekrutmen karang. Hasil penelitian menunjukkan rekrutmen karang secara berurutan dari tahun 2009–2013 ialah 9, 19, 8, dan 21 individu/m<sup>2</sup>. Peningkatan rekrutmen secara signifikan terjadi tahun 2013 sebesar 21 individu/m<sup>2</sup> mengindikasikan terjadinya pemulihan secara alami pasca kejadian pemutihan karang di Amed.

Pemulihan komunitas karang keras secara alami di Amed terbantu oleh manusia dengan mengurangi tekanan lokal. Wujudnya, dengan meminimalkan tekanan aktivitas wisata menyelam maupun *snorkeling* saat karang mengalami pemutihan. Kemungkinan terjadinya kontak secara langsung terhadap karang yang sedang mengalami pemutihan merupakan faktor lain rusaknya karang. Sebagai lokasi dengan pemanfaatan yang tinggi, Amed juga menghadapi tekanan-tekanan yang bersifat lokal sehingga menambah potensi degradasi karang. Menurut data Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Kabupaten Karangasem (2012), sarana dan prasarana penunjang pariwisata di Amed meningkat menurut waktu. Hal ini diakibatkan oleh popularitasnya dari sisi potensi wisata bahari dan meningkatnya kesadaran masyarakat. Cara pengelolaan tersebut di atas akan menjamin pemanfaatan secara berkelanjutan.

Pengelolaan kawasan dengan sistem zonasi merupakan langkah yang tepat untuk membantu karang pulih secara alami. Data Penelitian McClanahan *et al.* (2001) menunjukkan bahwa satu tahun pasca pemutihan karang tahun 1998, tutupan alga di dalam kawasan pengelolaan taman nasional mengalami peningkatan lebih sedikit dibandingkan daerah di luar kawasan. Dengan belum/tidak dapat dicegahnya kejadian pemutihan karang hingga dapat menyebabkan kematian karang, pengelolaan kawasan merupakan salah satu cara untuk membantu karang dan ekosistem dapat mengalami pemulihan. Pengelolaan kawasan dapat mengurangi tekanan lokal dan menjamin tersedianya ikan herbivora yang merupakan taraf tropik penting dalam menjaga batas normal makroalga. Hughes *et al.* (2007) menyatakan bahwa jika pertumbuhan makroalga tidak dikendalikan maka komunitas makroalga akan segera mendominasi terumbu karang. Dengan jaminan kelimpahan dan biomassa ikan herbivora dapat memberikan peluang karang dan ekosistem terumbu karang untuk pulih secara optimal.

## KESIMPULAN

Pemutihan karang pada tahun 2010 di Amed berakibat penurunan persentase tutupan karang keras hidup. Persentase tutupan karang keras hidup berbanding terbalik dengan makroalga. Pasca kejadian pemutihan karang, pada tahun 2011 Amed mengalami penurunan tutupan karang keras menjadi 28,33% sedangkan tutupan makroalga meningkat menjadi 13,33%. Pada tahun 2013 komunitas karang keras mengalami pemulihan melalui peningkatan persentase tutupan karang keras menjadi 49,00% sementara tutupan makroalga turun menjadi 0,67%. Pemulihan komunitas karang keras juga terlihat dari peningkatan rekrutmen menjadi 21 individu/m<sup>2</sup>. Terumbu karang di Amed memiliki nilai penting bagi masyarakat Amed baik sebagai nelayan maupun pelaku wisata bahari sehingga diperlukan pengelolaan

yang efektif agar pemanfaatan yang berkelanjutan dapat dicapai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Berumen ML, Pratchett MS. 2006. Recovery without resilience: persistent disturbance and long-term shifts in the structure of fish and coral communities at Tiahura Reef, Moorea. *Coral Reefs*. 25(4): 647–653. <http://doi.org/crw3cq>
- Brown BE, Suharsono. 1990. Damage and recovery of coral reefs affected by El Nino related seawater warming in the Thousand Island, Indonesia. *Coral Reefs*. 8(4): 163–170. <http://doi.org/dsf95b>
- Coral Reef Watch. 2013. Coral triangle coral bleaching data products. [http://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/vs/coraltriangle.php#BaliBaratNP\\_Indonesia](http://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/vs/coraltriangle.php#BaliBaratNP_Indonesia), Akses tanggal 24 Juni 2013.
- Diaz PG, McCook L. 2008. *Makroalgae (seaweeds) in China (ed) the State of the Great Barrier Reef On-Line*. Townsville (AU): Great Barrier Reef Marine Park Authority.
- [DISBUDPAR] Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Kabupaten Karangasem. 2012. *Buku data kepariwisataan Kabupaten Karangasem tahun 2012*. Bali (ID): Disbudpar.
- Douglas AE. 2003. Review coral bleaching-how and why?. *Marine Pollution Bulletin*. 46(4): 385–392. <http://doi.org/d48bmh>
- English S, Wilkinson C, Baker V. 1994. *Survey manual for tropical marine resources (2<sup>nd</sup> Edition)*. Asean-Australia Marine Science Project. Townsville (AU): Australia Institute of Marine Science.
- Golbuu Y, Victor S, Penland E, Idip D, Emaurois C, Okaji K, Yukihira H, Iwase A, Woesik RV. 2007. Palau's coral reefs show differential habitat recovery following the 1998-bleaching event. *Coral Reefs*. 26(2): 319–332. <http://doi.org/c2cz4w>
- Hill J, Wilkinson C. 2004. *Methods for ecological of coral reefs. A Resource for Managers, Ver 1*. Townsville (AU): Australian Institute of Marine Science.
- Hoegh-Guldberg O. 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Freshwater Research*. 50(8): 839–866. <http://doi.org/dj84cm>
- Hughes TP, Rodrigues MJ, Bellwood DR, Ceccarelli D, Hoegh-Guldberg O, McCook L, Moltschaniwskyj N, Pratchett MS, Steneck RS, Willis B. 2007. Phase shifts, herbivory, and the resilience of coral reefs to climate change. *Current Biology*. 17(4): 360–365. <http://doi.org/fw7mhx>

- Jompa J, McCook LJ. 2002. The effects of nutrient and herbivory on competition between a hard coral (*Porites Cylindrica*) and a brown alga (*Lobophora variegata*). *Limnology and Oceanography*. 47(2): 527–534.
- Marshall PA, Schuttenberg H. 2006. *A reef manager's guide to coral bleaching*. Townsville (AU): Great Barrier Reef Marine Park Authority.
- McClanahan TR, Muthiga NA, Mangi S. 2001. Coral and Algal changes after the 1998 coral bleaching: interaction with reef management and herbivores on Kenyan reefs. *Coral Reefs*. 19(4): 380–391. <http://doi.org/drrbvz>
- Nybakken JW. 1992. Biologi laut: suatu pendekatan ekologis. Diterjemahkan oleh Eidman HM, Koesoebiono, Bengen DG, Hutomo M, Sukardjo S. 1992. Jakarta (ID): PT Gramedia Pustaka Utama.
- Obura DO, Grimsditch G. 2009. *Resilience assessment of coral reefs-assessment protocol for coral reefs, focusing on coral bleaching and thermal stress*. IUCN Working Group on Climate Change and Coral Reefs. Gland (CH): IUCN.
- [RCFI] Reef Check Foundation Indonesia. 2011. *Bali lombok reef resilience report-2011*. Bali (ID): RCFI.
- [RCFI] Reef Check Foundation Indonesia. 2012. *Integrasi sains dan pengelolaan AMED, Karangasem Bali*. Bali (ID): RCFI.
- Siringoringo RM. 2007. Pemutihan karang dan beberapa penyakit karang. *Oseana*. 32(4): 29–37.
- Suharsono. 1998. Condition of coral reef resources in Indonesia. *Jurnal Pesisir dan Lautan*. 1(2): 44–52.
- Suharsono. 2010. *Jenis-jenis karang di Indonesia. Coremap Program*. Jakarta (ID): LIPI Press.
- Veron JEN, Terence JD. 2000. *Coral and Coral Communities of Lord Howe Island Part 30*. Townsville (AU): Australian Institute of Marine Science.
- Wilkinson CR. 2000. *Status of coral reefs of the world: 2000*. Townsville (AU): Australian Institute of Marine Science.
- Wilkinson CR. 2008. *Status of coral reefs of the world: 2008*. Townsville (AU): Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Center.