

## PENGELOLAAN EKOSISTEM TERUMBU KARANG AKIBAT PEMUTIHAN (*BLEACHING*) DAN RUSAK

*Dafiuddin Salim*

*Pusat Kajian dan Pengembangan Kemaritiman Nasional  
dafiuddins@gmail.com*

### **ABSTRAK**

*Terumbu karang dan segala kehidupan yang terdapat di dalamnya merupakan salah satu kekayaan alam yang bernilai tinggi. Namun di sisi lain terumbu karang juga merupakan salah satu ekosistem yang sangat terancam karena merupakan sumber keuntungan ekonomi yang besar dari perikanan dan pariwisata. Hingga kini, tekanan yang disebabkan oleh kegiatan manusia seperti pencemaran dari daratan dan praktek perikanan yang merusak telah dianggap sebagai ancaman utama untuk terumbu karang. Sementara ancaman lain yang lebih potensial adalah kenaikan suhu permukaan air laut yang dapat menyebabkan pemutihan karang (*coral bleaching*). Pemutihan dan kematian karang secara besar-besaran yang pernah terjadi pada tahun 1998. Tulisan ini akan menampilkan beberapa bentuk pengelolaan dengan pemanfaatan sumberdaya yang sustainable untuk menyelamatkan ekosistem terumbu karang dari pemutihan dan kerusakan oleh dampak manusia yakni dengan menetapkan daerah terumbu karang sebagai Kawasan Konservasi Laut (KKL); perikanan yang sustainable dan ramah lingkungan; pariwisata yang sesuai dengan daya dukung.*

**Kata kunci:** *terumbu karang, pemutihan, pengelolaan*

### **PENDAHULUAN**

Indonesia yang dikenal sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki sumberdaya alam hayati laut yang sangat potensial. Salah satunya adalah sumberdaya terumbu karang yang hampir tersebar di seluruh perairan Indonesia. Berdasarkan hasil penelitian pada tahun 1998, luas terumbu karang Indonesia adalah 42.000 km<sup>2</sup> atau 16,5 dari luasan terumbu karang dunia yaitu seluas 255.300 km<sup>2</sup>. Dengan estimasi di atas Indonesia menduduki peringkat terluas ke 2 di dunia setelah Australia, yang mempunyai luasan terumbu karang sebesar 48.000 km<sup>2</sup>.

Terumbu karang dan segala kehidupan yang terdapat di dalamnya merupakan salah satu kekayaan alam yang bernilai tinggi. Manfaat yang terkandung di dalam ekosistem terumbu karang sangat besar dan beragam, baik manfaat langsung dan manfaat tidak langsung. Namun di sisi lain

terumbu karang juga merupakan salah satu ekosistem yang sangat terancam karena merupakan sumber keuntungan ekonomi yang besar dari perikanan dan pariwisata. Hingga kini, tekanan yang disebabkan oleh kegiatan manusia seperti pencemaran dari daratan dan praktek perikanan yang merusak telah dianggap sebagai ancaman utama untuk terumbu karang. Sementara ancaman lain yang lebih potensial adalah kenaikan suhu permukaan air laut yang dapat menyebabkan pemutihan karang (*coral bleaching*). Pemutihan dan kematian karang secara besar-besaran yang pernah terjadi pada tahun 1998 diharapkan tidak terulang lagi, karena peristiwa ini telah mempengaruhi sebagian besar daerah terumbu karang di kawasan Indo-Pasifik.

Pada tahun 1983 peneliti dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) mengamati peristiwa pemutihan karang besar-besaran dengan tingkat kematian yang luas mulai dari Selat Sunda

(Jawa Barat), Kepulauan Seribu (Jakarta) sampai Kepulauan Karimunjawa (Jawa Tengah). Sejak saat itu terjadi lagi peristiwa pemutihan karang secara global pada tahun 1998, dimana lebih dari 55 negara mengalami tingkat pemutihan dan kematian karang yang tinggi. Sebanyak 90% karang mati akibat pemutihan pada 1998 di Sumatera Barat dan Kepulauan Gili, Lombok. Karang di wilayah Indonesia yang lain juga banyak yang terkena pemutihan.

Pemutihan karang terjadi karena suhu permukaan laut dan tingkat sinar ultraviolet matahari yang tinggi, sehingga mempengaruhi psikologi karang dan menimbulkan efek pemutihan yang disebut *bleaching*. Penyebabnya adalah hilangnya alga yang bersimbiosis (*zooxanthella*) yang merupakan tempat bergantungnya polip karang untuk mendapatkan makanan. Keadaan pemutihan karang yang terlalu lama (lebih dari 10 minggu) dapat menyebabkan kematian polip karang pada akhirnya. Dampak lainnya terus mengancam kelangsungan terumbu karang adalah adanya sedimentasi dan pencemaran perairan laut, penggunaan lahan yang tak terencana, eksploitasi sumber daya laut yang berlebihan dan metode penangkapan ikan yang merusak, juga pembuangan limbah dan polusi dari kapal-kapal, pengerukan, reklamasi, penambangan pasir, semuanya dapat mengurangi pertumbuhan karang bahkan menyebabkan pemutihan karang dalam kasus-kasus yang berat. Kenaikan suhu permukaan laut merupakan isu global yang harus di sikapi dengan bijaksana. Diperkirakan kenaikan suhu permukaan air laut antara 1– 2°C hingga satu abad mendatang, kejadian pemutihan karang akan menjadi peristiwa yang biasa pada waktu 30-50 tahun mendatang. Untuk itu diperlukan bentuk pengelolaan terpadu baik lintas sektoral maupun antara negara untuk menyelamatkan terumbu karang.

Perlindungan bagi karang yang telah rusak sangat diperlukan jika menginginkan ekosistem terumbu karang berada di tingkat pemulihan yang maksimal. Perlindungan ini harus termasuk mengurangi dampak

manusia yang dapat mengakibatkan kerusakan atau rusak karena pemutihan.

Tulisan ini akan menampilkan beberapa bentuk pengelolaan dengan pemanfaatan sumberdaya yang *sustainable* untuk menyelamatkan ekosistem terumbu karang dari pemutihan dan kerusakan oleh dampak manusia yakni dengan menetapkan daerah terumbu karang sebagai Kawasan Konservasi Laut (KKL); perikanan yang *sustainable* dan ramah lingkungan; pariwisata yang sesuai dengan daya dukung. Dalam konteks pengelolaan wilayah pesisir secara Terpadu (ICM), terumbu karang sangat penting dikelola agar pemanfaatan lahan disekitar daerah aliran sungai tidak memberikan ancaman kerusakan dan pemutihan bagi ekosistem terumbu karang di wilayah pesisir.

## POTENSI PEMANFAATAN SUMBERDAYA

### A. Perikanan Tangkap

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem yang amat penting bagi keberlanjutan sumberdaya yang terdapat di kawasan pesisir dan lautan, dan umumnya tumbuh di daerah tropis, serta mempunyai produktivitas primer yang tinggi (10 kg C/m<sup>2</sup>/tahun). Tingginya produktivitas primer di daerah terumbu karang ini menyebabkan terjadinya pengumpulan hewan-hewan yang beranekaragam seperti; ikan, udang, mollusca, dan lainnya (Sugandhy, 2000 dalam Supriharyono, 2000). Beberapa jenis ikan seperti ikan kepe-kepe dan betol menghabiskan seluruh waktunya di terumbu karang, sedangkan ikan lain seperti ikan hiu atau ikan kuwe lebih banyak menggunakan waktunya di terumbu karang untuk mencari makan. Udang lobster, ikan scorpion dan beberapa jenis ikan karang lainnya diterumbu karang bagi mereka adalah sebagai tempat bersarang dan memijah. Terumbu karang yang beraneka ragam bentuknya tersebut memberikan tempat persembunyian yang baik bagi ikan. Di situ hidup banyak jenis

ikan yang warnanya indah. Indonesia memiliki lebih dari 253 jenis ikan hias laut.

Bagi masyarakat pesisir terumbu karang memberikan manfaat yang besar, selain mencegah bahaya abrasi mereka juga memerlukan ikan, kima, kepiting dan udang yang hidup di dalam terumbu karang sebagai sumber makan dan mata pencaharian mereka. Ekosistem terumbu karang dapat membantu perikanan dalam skala nilai besar, termasuk ikan dan jenis invertebrata. Pemanfaatan oleh manusia dapat timbul dalam skala komersial besar atau dalam skala *artisanal* kecil. Tujuan utama dari beberapa pemanfaatan perikanan adalah untuk mengumpulkan makanan, dan berkaitan dengan pengumpulan sebagai cinderamata atau perdagangan akuarium. Selain itu kebanyakan penelitian perikanan saat ini masih terfokus pada ikan yang dapat dimakan, namun untuk mengurangi dampak potensial pemutihan dan degradasi terumbu karang pada perikanan terumbu karang masih kurang. Eksploitasi berlebihan dapat mengakibatkan sejumlah perubahan pada terumbu karang. Penangkapan jenis ikan pemakan alga yang berlebihan dapat mengakibatkan pertumbuhan alga yang eksesif, penangkapan yang berlebihan dari jenis ikan yang berperan amat penting dalam ekosistem terumbu dapat mengakibatkan meledaknya populasi jenis lain dibagian manapun dari rantai makanan. Penangkapan ikan dengan menggunakan racun dan pegeboman ikan merupakan praktek yang umum dilakukan, yang memberikan dampak sangat negatif bagi terumbu karang. Penangkapan ikan dengan racun akan melepaskan racun sianida ke daerah terumbu karang, yang kemudian akan membunuh atau membius ikan-ikan. Karang yang terpapar sianida berulang kali akan mengalami pemutihan dan kematian. Penggunaan sianida dan racun ini juga dilakukan untuk menangkap ikan akuarium sehingga berdampak negatif bagi terumbu karang. Kegiatan perikanan yang merusak, seperti memakai alat peledak dapat membuat kerusakan fisik yang ekstensif bagi terumbu karang dan mengakibatkan

tingginya persentase kematian ikan yang belum dewasa (yaitu bibit ikan dewasa dimasa mendatang).

## B. Pariwisata

Sumberdaya alam pesisir memiliki potensi yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan wisata. Aktifitas wisata merupakan suatu bentuk pemanfaatan sumberdaya alam yang mengandalkan jasa alam untuk suatu kepuasan. Daya tarik wisata di perairan dangkal yang paling produktif dan banyak dikunjungi wisatawan adalah ekosistem terumbu karang. Ekosistem ini memberikan keindahan dan keunikan tersendiri sehingga aktivitas menyelam dan *snorkelling* adalah hal yang segera terpikir karena berhubungan dengan terumbu karang, selain itu daerah terumbu karang juga bermanfaat untuk pariwisata pantai, pelayaran kapal pesiar, *yacht*, memancing dan olahraga air lainnya. Kegiatan pariwisata dan rekreasi dapat menimbulkan masalah ekologis yang khusus dibandingkan dengan kegiatan ekonomi lain mengingat bahwa keindahan dan keaslian alam merupakan modal utama. Bila suatu wilayah pesisir dibangun untuk tempat rekreasi, biasanya fasilitas-fasilitas pendukung lainnya juga berkembang pesat. Pembangunan pesisir seperti *resort*, hotel dan industri seringkali menyebabkan reklamasi dan penggerukan tanah, hal ini dapat meningkatkan sedimentasi sehingga mengurangi cahaya masuk ke perairan dan menutupi karang. Terhalangnya cahayamatahari masuk perairan menyebabkan simbiosis alga (*zooxanthella*) dan karang mengalami gangguan yang pada akhirnya menyebabkan pemutihan karang oleh karena hilangnya *zooxanthella* dari tubuh karang. Selama peristiwa pemutihan, karang kehilangan 60–90% dari jumlah *zooxanthellae*-nya dan *zooxanthellae* yang masih tersisa dapat kehilangan 50–80% dari pigmen fotosintesisnya. (Glynn, 1996). Ketika penyebab masalah ini dapat diatasi, karang yang terinfeksi dapat pulih kembali, tetapi jumlah *zooxanthellae* kembali normal tergantung dari durasi dan tingkat gangguan

lingkungan (Hoegh-Guldberg, 1999). Gangguan yang berkepanjangan dapat membuat kematian sebagian atau keseluruhan tidak hanya kepada individu koloni tetapi juga terumbu karang secara luas.

Kebutuhan kegiatan wisata terhadap sumberdaya alam semakin meningkat seiring dengan bertambah banyak sumberdaya yang mengalami kerusakan atau degradasi baik secara kualitas maupun kuantitas. Oleh karena itu perencanaan pengembangan pariwisata di wilayah pesisir hendaknya dilakukan secara menyeluruh, termasuk diantaranya inventarisasi dan penilaian sumberdaya yang cocok untuk pariwisata, perkiraan berbagai dampak (*impact*) terhadap lingkungan pesisir, hubungan sebab dan akibat dari berbagai macam tata guna lahan disertai dengan perincian kegiatan untuk masing-masing tata guna, serta pilihan pemanfaatannya.

### C. Kawasan Konservasi Laut (KKL)

Kawasan konservasi laut adalah kawasan yang ada di laut diperuntukkan khusus agar keanekaragaman hayati (*biodiversity*) dan sumberdaya yang berhubungan dengan kebudayaan dan di dalamnya dilindungi, dipelihara serta dikelola melalui cara legal dan efektif. Kawasan Konservasi Laut (KKL) dirancang untuk sejumlah alasan, termasuk pengelolaan perikanan, promosi wisata, dan mempertahankan keanekaragaman hayati. Sebagian besar KKL dikelola melalui program-program pemerintah pusat. Adanya konflik lokal dan kemampuan implementasi yang rendah menyebabkan sulitnya pengelolaan KKL di beberapa tempat. Hal tersebut menciptakan situasi dimana terdapat ratusan KKL, tetapi hanya sebagian yang berjalan mencapai tujuan yang diinginkan. Di beberapa negara Asia Tenggara seperti Filipina dan Indonesia, pemerintah telah bergerak ke arah KKL yang dikelola oleh masyarakat guna meluaskan dukungan masyarakat lokal, mengurangi konflik sumberdaya, dan menyokong implementasi.

Efektifitas KKL biasanya hanya mengontrol aktivitas manusia yang berakibat secara langsung, misalnya praktek penangkapan ikan yang tidak lestari. Banyak KKL, meskipun dengan penegakan hukum yang ketat, dampak sedimentasi dan pencemaran tidak dapat dikontrol jika KKL tidak mencakup area sekeliling perairan. Sangat penting bagi pengelolaan sumberdaya pesisir untuk memasukkan semua jenis ancaman ke dalam rancangan batas-batas kawasan yang dilindungi dan rencana pemanfaatan lahan secara lebih luas. Dari daftar panjang KKL yang ada di Asia Tenggara, banyak yang hanya di atas kertas, yang kemudian dihapus karena kurangnya implementasi dasar. Berdasarkan beberapa KKL yang dianalisis, hanya 46 (14%) dikategorikan dikelola secara efektif. Sebanyak 160 (48%) dikategorikan dikelola dengan setengah efektif dan 126 (38%) tidak cukup terkelola. Banyak KKL hanya ditandai dengan titik-titik, tidak dengan batas spasial sesungguhnya, sehingga luasnya masih merupakan perkiraan. Akibatnya analisis ini hanya menyediakan perkiraan kasar yang didasarkan pada data terbaik yang ada. Hampir 8% dari terumbu karang di kawasan Asia Tenggara berada dalam KKL. Hanya 1% terumbu karang yang berada dalam DPL dikategorikan dikelola secara efektif, 4% dikelola setengah efektif, sebanyak 2% buruk pengelolaannya, dan 1% tidak diketahui efektifitasnya (Burke, *et al.* 2002).

Kawasan Konservasi Laut umumnya dibentuk dengan tujuan aktivitas manusia dapat diatur dan untuk tujuan konservasi. Secara ekologis, kawasan konservasi laut memegang peranan penting dalam melindungi dan kelestarian ekosistem terumbu karang, dimana sumberdaya alam mampu menjaga hubungan timbal baliknya dan saling ketergantungan antara biota laut dengan lingkungan fisiknya. Selain itu terumbu karang yang rusak di daerah perlindungan laut kemungkinan pulih lebih cepat jika dikelola secara tepat dan tidak diberi beban tambahan seperti kunjungan wisatawan yang banyak. Terumbu karang

yang dikelola dengan kondisi yang baik memiliki fungsi, yaitu dapat mengurangi dampak dari pemanasan global. Terumbu karang juga berfungsi mengurangi karbon yang lepas ke atmosfer sehingga dapat mengurangi kerusakan ozon.

Naiknya suhu dan permukaan air laut adalah dua kendala yang menjadi penyebab utama kerusakan dan kepunahan terumbu karang. Kedua kendala tersebut juga memberikan dampak serius pada ekologi terumbu karang yang merupakan tempat tinggal berbagai macam mahluk biota lautan. Hewan karang akan menjadi stres apabila terjadi kenaikan suhu lebih dari 2-3 derajat celsius di atas suhu air laut normal. Pada saat stress, pigmen warna (Alga bersel satu atau *zooxanthellae*) yang melekat pada tubuhnya akan pergi ataupun mati sehingga menyebabkan terjadinya pemutihan (*bleaching*). Bila karang memutih atau mati, rantai makanan akan terputus yang berdampak pada ketersediaan ikan dilaut dan ekosistem laut.

#### **KETERPADUAN STAKEHOLDERS DALAM MENANGANI PEMUTIHAN KARANG**

Tekanan penyebab pemutihan antara lain tingginya suhu permukaan air laut yang tidak normal, tingginya tingkat kekeruhan dan sedimentasi air, penyakit, kadar garam yang tidak normal dan polusi. Mayoritas pemutihan karang secara besar-besaran dalam kurun waktu dua dekade terakhir ini berhubungan dengan peningkatan suhu permukaan laut (SPL) dan khususnya pada *HotSpots* (Hoegh-Guldberg, 1999). *Hot Spot* adalah daerah dimana SPL naik hingga melebihi maksimal perkiraan tahunan (suhu tertinggi pertahun dari rata-rata selama 10 tahun) dilokasi tersebut (Goreau dan Hayes, 1994). Peristiwa pemutihan terumbu karang yang pernah terjadi dan tersebar luas di Samudera Hindia barat tahun 1998 sangat merusak dan meningkatkan tingkat kematian karang.

Menyadari pentingnya peristiwa ini, beberapa negara telah berpartisipasi dalam konvensi keanekaragaman biologi dengan

mendorong tercetusnya konsultasi mengenai pemutihan karang (CBD, 1999):

- Pemutihan dan kematian karang secara massal tahun 1998 tampaknya menjadi peristiwa paling serius dan ekstensif yang pernah terdokumentasi.
- Sebaran geografis, peningkatan frekuensi dan kerusakan pemutihan secara masal adalah akibat meningkatnya suhu rata-rata permukaan air laut secara pasti serta terdapat cukup bukti bahwa perubahan iklim adalah penyebab utamanya.
- Kenaikan suhu laut, akibat pemutihan terumbu karang dan kematian menunjukkan ancaman yang serius bagi terumbu karang dan populasi manusia yang bergantung padanya, khususnya mereka yang berada di negara-negara kepulauan yang sedang berkembang.

Tentunya tidak ada perebaikan yang cepat untuk pemutihan karang. Akan tetapi, para *stakeholders* sebagai pengelola dan pembuat keputusan menyelamatkan sumber daya yang tersisa dan menstimulasi pemulihan. Pengelolaan untuk mengurangi dan menghilangkan segala bentuk dampak langsung dari manusia yang menyebabkan kerusakan tambahan adalah amat penting untuk meningkatkan kondisi pemulihan karang yang optimal. Hal ini termasuk mengurangi tekanan akibat perikanan yang berlebihan, pariwisata, polusi dari pemanfaatan dan pengembangan lahan tanah. Perlindungan terhadap karang yang masih hidup merupakan hal yang sangat vital karena hal ini diperlukan bagi masa depan pemulihan karang secara lokal dan dimana saja. Tindakan di semua tingkat lokal, nasional, regional dan dunia sangatlah penting. Indonesia yang 2/3 wilayahnya adalah lautan, sangat berperan penting dalam pemulihan terumbu karang yang telah rusak di seluruh Samudera Hindia dengan menyediakan larva untuk kolonisasi. Dengan demikian pengelolaan sumberdaya laut yang ada di Indonesia juga tergantung pada keberhasilan *stakeholders* bagaimana memanfaatkan ekosistem terumbu karang secara *sustainable*. Pengelolaan sumberdaya perairan laut akan berhasil diterapkan

apabila ditunjang oleh keterpaduan dari pelaku atau pengelola di kawasan pesisir. Pelaku pengelolaan sumberdaya ekosistem terumbu karang antara lain terdiri dari pemerintah (pusat dan daerah), masyarakat pesisir, swasta/investor, dan lembaga swadaya masyarakat (LSM). Masing-masing pelaku ini memiliki kepentingan terhadap pemanfaatan sumberdaya alam di kawasan pesisir dan lautan, yang berarti juga mempunyai kepentingan dalam pengelolaan ekosistem terumbu karang.

Penyusunan dan perencanaan pengelolaan terpadu harus mampu mengakomodir segenap kepentingan pelaku pengelolaan pesisir. Oleh karena itu, perencanaan pengelolaan harus menggunakan pendekatan berbagai arah, yaitu pendekatan “atas bawah” dan pendekatan “bawah atas” serta pendekatan “ke samping” yang mana implikasi dari tindakan di tingkat lokal di Indonesia ini dapat mempengaruhi negaranegara serta masyarakat lokal yang berjarak ratusan hingga ribuan kilometer. Selain itu, kini banyak prakarsa dunia dan regional yang mengarahkan perhatian mereka pada pemutihan dan krisis yang dihadapi terumbu karang. Salah satunya adalah Prakarsa Terumbu Karang Internasional (ICRI) dan Jaringan Monitoring Terumbu Karang Dunia (GCRMN). Program Degradasi Terumbu Karang di Samudera Hindia (CORDIO) merupakan satu contoh regional, dan hasil kerjanya dipakai dalam pengembangan dan memprediksikan perkembangan dalam pemutihan karang, sehingga pengambilan langkah-langkah pencegahan dan tindakan-tindakan positif untuk mengurangi dampak dari kejadian pemutihan terumbu karang dimasa mendatang dapat membantu.

### **FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PENGELOLAAN CORAL BLEACHING**

Gangguan alam yang dapat menyebabkan pemutihan karang yaitu tingginyatingkat sinar ultra violet, perubahan salinitas secara tiba-tiba,

kekurangan cahaya dalam jangka waktu yang lama, dan penyakit. Faktor pengganggu lainnya adalah kegiatan manusia, mencakup sedimentasi, polusi dan penangkapan ikan dengan bahan peledak. Beberapa karang dapat sembuh dan tumbuh normal lagi ketika penyebab pemutihan hilang dan dapat mengumpulkan kembali *zooxanthellae*-nya. Karang akan kembali berwarna semula apabila penyebab pemutihan hilang, tetapi akan mati apabila penyebabnya terus berlangsung.

Karena banyak penduduk Indonesia yang hidupnya bergantung dari karang sebagai mata pencaharian, maka ada beberapa alasan untuk melangsungkan usaha pengelolaan yakni, untuk :

- memastikan kondisi yang optimal bagi pemulihan terumbu karang
- memastikan perikanan yang berkelanjutan
- memastikan kelangsungan industri pariwisata

Pemulihan terumbu karang beragam macamnya mulai dari terumbu karang yang satu ke yang lain sesuai dengan keunikan setiap lokasi. Dengan keadaan yang tepat, terumbu karang dapat kembali pulih ke komunitas yang beraneka, hal ini memberi keuntungan langsung untuk perikanan, pariwisata dan rekreasi dan juga keuntungan tak langsung, seperti daerah perlindungan pesisir dan untuk penelitian ilmiah. Pengelolaan yang hati-hati dapat membantu mengurangi dampak negatif atau dengan memperbaiki keadaan bagi pemulihan. Pemulihan hanya terjadi bila tekanan tambahan akibat kegiatan manusia dibatasi. Kondisi yang optimal untuk pemulihan ekosistem terumbu karang secara maksimal meliputi:

- Permukaan dasar yang padat, bebas alga dimana larva karang dapat menempel dan tumbuh; bilamana karang mati selama pemutihan, batu yang mereka tinggalkan menjadi substrat yang potensial untuk peremajaan.
- Daerah bebas penangkapan ikan yang berlebihan, sedimentasi, polusi, pupuk, limbah dan bahan-bahan lain yang

dapat mengurangi pertumbuhan dan mempengaruhi kelangsungan peremajaan karang; kualitas air yang baik dan pengurangan dampak fisik yang mampu menunjang pertumbuhan dan peremajaan karang.

- Keberadaan karang dewasa yang matang secara seksual dapat berfungsi sebagai penyedia larva baru, kemampuan terumbu karang yang tak terganggu dan jauh dari terumbu karang yang rusak, untuk menyediakan larva akan bergantung dari arus laut yang sesuai dan kesehatan terumbu karang induk. Karang lokal yang tersisa dapat pula menjadi sumber larva di daerah tersebut.
- Perlindungan dari penangkapan ikan yang berlebihan untuk mempertahankan populasi ikan yang sehat, ikan herbivora akan memakan alga dan menjaga karang yang mati sebagai substrat bagi koloni karang.

Kondisi-kondisi ini dapat dimaksimalkan dengan pengelolaan yang terencana dengan baik, yakni dengan strategi pelestarian dan pemanfaatan ekosistem terumbu karang dalam konteks daerah perlindungan laut (DPL), perikanan, dan pariwisata yang *sustainable*.

## HUBUNGAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA DENGAN PEMUTIHAN KARANG

### a. Perikanan dan Pemutihan Karang

Dampak pemutihan karang bagi perikanan merupakan interaksi habitat ikan terhadap terumbu karang. Terpisah dari peledakan itu sendiri, beberapa faktor memberikan sumbangan terhadap komposisi komunitas ikan di terumbu, yang semuanya berhubungan dengan struktur fisik dan kompleksitas terumbu karang itu. Pertama, kompetisi untuk makanan adalah faktor penting dalam menentukan keanekaragaman dan kelimpahan ikan. Pada terumbu karang sehat, keragaman dan kuantitas makanan adalah tinggi dan ini berdampak positif langsung pada keragaman dan kelimpahan ikan (Robertson dan Gaines,

1986). Pada terumbu karang yang kurang sehat, karang mati akan cepat ditumbuhi oleh alga secara berlebihan, alga kemudian dimakan oleh herbivora seperti ikan kakatua (*parrotfish*, *Scarus* spp.), dan populasi jenis-jenis ini dapat meningkat. Pemakanan dalam jumlah besar oleh jenis-jenis ini kadang-kadang merusak struktur terumbu, menyebabkan erosi kerangka karang, tetapi mereka juga membatasi pertumbuhan alga. Meningkatnya populasi ikan bernilai komersial ini juga merupakan keuntungan ekonomis. Kedua, terumbu karang menyediakan lingkungan yang tepat untuk kegiatan reproduksi dan penempatan larva ikan dan ini akan turut menentukan struktur komunitas ikan dewasa nantinya (Medley *et al.*, 1993).

Terumbu karang berstruktur kompleks yang sehat akan memaksimalkan jumlah keragaman dan kuantitas ruang guna kesuksesan reproduksi. Akhirnya, terumbu karang menyediakan naungan dan perlindungan dari para predator, khususnya bagi ikan berjenis kecil dan ini mempengaruhi pola kelangsungan hidup dan kelimpahannya saat dewasa (Eggleston, 1995). Secara garis besar, terumbu karang sehat berdampak positif bagi ketiga faktor tersebut (makanan, reproduksi dan naungan) dan imbalannya adalah peningkatan keragaman dan kelimpahan ikan.

Pemutihan karang tidak cepat berdampak bagi tangkapan ikan. Sebagian fakta menyatakan bahwa komunitas ikan terumbu karang bereaksi lambat terhadap perubahan lingkungan, dan sebagian karena beberapa perikanan bergantung pada rangkaian tunggal terumbu karang. Kematian karang yang setelah pemutihan akan mempengaruhi suatu perikanan seiring dengan degradasi struktur terumbu karang dan kemungkinan-kemungkinan yang dapat terjadi adalah:

- Pemutihan yang telah terlokalisasi atau ekstensif, sangat kecil kemungkinan terjadi perubahan pada perikanan, baik pada komposisi penangkapan atau tingkat tangkapan.

- Pemutihan yang terlokalisir dan kematian karang rendah, perubahan lokal mungkinginterjadi pada struktur komunitas ikan terumbu karang, khususnya jika jenis karangtertentu telah terpengaruh. Hasil penurunan keragaman karang dan kompleksitashabitat dapat mempengaruhi komposisi tangkapan lokal dan tingkat tangkapan.
- Pemutihan yang terjadi secara ekstensif dan menyebabkan kematian karang masal,dapat terjadi perubahan penting dibidang perikanan, dengan perubahan berjangkalebih panjang berkaitan dengan hilangnya kompleksitas habitat dankeanekaragaman melalui erosi karang mati. Jenis pemakan karang, seperti ikankepe-kepe (*butterflyfish*), dan yang khusus memanfaatkan karang sebagaiaungannya, seperti beberapa ikan damsels (*damsel fish*) dapat dipastikan sebagaikelompok ikan yang pertama kali akan menurun. Akan tetapi, beberapa penelitianmenyatakan bahwa perubahan yang pertama kali mungkin pada kuantitas pemakanalga seperti ikan kepe-kepe dan ikan butane (*surgeonfish*), sebagai hasil daripertumbuhan alga yang berlebihan pada karang-karang mati (Goreau *et al.*, 2000).

Perubahan pada suatu terumbu karang sebagai hasil kematian karang dapatmempengaruhi hasil perikanan, jenis perikanan dan ruang distribusi dari usahaperikanan:

- Penurunan kemaksimalan hasil melalui reduksi dari makanan dan lingkungan yangtepat bagi reproduksi ikan dan tempat berlindungnya. Konsekuensinya dapatbervariasi sesuai dengan jenis perikanan.
- Dalam perikanan yang bergantung sepenuhnya pada ikan terumbu karang,tingkat tangkapan mungkin berkurang dan komposisi tangkapan dapat berubahmenjadi jenis herbivora. Ikan-ikan ini acapkali bernilai jual lebih rendah,sehingga pendapatan nelayan berkurang. Komunitas nelayan dengan sedikitpilihan sumber pendapatan bisa

saja kesulitan untuk kelangsungan hidupnya.

- Perikanan yang menargetkan ikan besar yang berenang bebas dan mencarimakanannya didekat terumbu karang akan mengalami penurunan tangkapan jikajenis tersebut pindah kedaerah yang lebih baik untuk mencari mangsanya.
- Perikanan dengan target jenis ikan kecil yang berenang bebas dan menempatidaerah terumbu karang atau laguna pada kurun waktu tertentu dalam hidupnya,mungkin akan mengalami penurunan tangkapan saat terumbu karangmenghilang.
- Perubahan struktur terumbu karang mendorong penggunaan metode penangkapanikan yang merusak, seperti *trawling*. yang sebelumnya tidak dipakai karenakerusakan peralatan memancing yang disebabkan oleh terumbu karang.
- Perubahan tata ruang pada karakteristik habitat terumbu karang dapatmengakibatkan nelayan memindahkan usaha perikanan mereka ke daerah lain untukbeberapa jenis ikan target.

### **b. Pariwisata dan Pemutihan Karang**

Dengan berubahnya terumbu karang yang mungkin dikarenakan pemutihan, adakekhawatiran para pihak yang bergantung pada industri pariwisata ini, yakni reaksiwisatawan terhadap terumbu karang dan keberlanjutan industri pariwisata denganmasalah pemutihan serta bagaimana mengurangi kerusakan lanjutan terhadap terumbukarang yang memutih.

Pemutihan yang pernah terjadi pada tahun 1998 sejauh ini belum berdampakterlalu besar bagi pariwisata (Westmacott *et al.*, 2000a). Tentunya, operator selammelaporkan bahwa wisatawan masih tetap menikmati keindahan terumbu karangbahkan saat kejadian puncaknya sekalipun dan beberapa bahkan mengomentari apayang dianggap sebagai karang yang “bersih”. Dampak nyata pemutihan terhadapkunjungan wisatawan



mungkin tidak terlihat hanya dalam waktu beberapa tahun saja, dan mungkin terlihat pada saat terumbu karang telah terdegradasi parah. Berdasarkan penelitian di Samudera Hindia menduga bahwa kemungkinan dampak yang timbul setelah peristiwa tahun 1998 adalah wisatawan memilih untuk tidak mengunjungi daerah yang mengalami keusakan oleh pemutihan karang. Hal ini menyebabkan penderitaan industri pariwisata di semua tingkat. Namun penyelam dan *snorkellers* yang berpengalaman mengetahui perubahan pada terumbu khususnya perubahan dari warnawarnaterang menjadi abu-abu atau kecoklatan, kemungkinan masih akan mengunjungi sekali. Wisatawan yang awam dengan menyelam ini mungkin tidak menyadari permasalahan tersebut dan mungkin tetap mengunjungi daerah terumbu karang yang mengalami *bleaching*. Kemungkinan lainnya adalah wisatawan tetap mengunjungi daerah tersebut tetapi tidak melakukan penyelaman di terumbu karang, hal ini juga menyebabkan wisata selam dan *snorkelling* mengalami kerugian.

### c. Kawasan Konservasi Laut

Kawasan konservasi laut dapat memegang peranan yang penting bagi pelestarian dan pengelolaan terumbu karang dengan cara:

- Melindungi daerah terumbu karang yang tidak rusak yang dapat menjadi sumberlarva dan sebagai alat untuk membantu pemulihan.
- Melindungi daerah yang rapuh untuk *HotSpot*, contohnya karena kenaikan air dingin dari bawah laut dimasa mendatang.
- Melindungi daerah yang bebas dari dampak manusia dan cocok sebagai substrat bagi penempelan karang dan pertumbuhan kembali.
- Memastikan bahwa terumbu karang tetap menopang kelangsungan kebutuhan masyarakat sekitar yang bergantung padanya.

Daerah dimana karang telah mampu bertahan hidup pada peristiwa naiknya suhu permukaan laut dapat menjadi kunci

penting bagi persediaan larva karang guna mengisidierah yang berkurang. Terumbu karang yang berpotensi sebagai penyedia larva seringkali dikenal sebagai terumbu karang sumber (*source reefs*), sedangkan terumbu karang yang menerima larva melalui arus laut seringkali disebut terumbu karang penampung (*sink reefs*). Kadang terumbu karang menjadi penampung pada suatu masalah setahun dan sumber di kala lain dimana arus muson berbalik pada musim yang berbeda-beda.

Sumber terumbu karang menjadi *upstream* dari terumbu karang yang rusak jika arus laut memegang peranan penting dalam pemindahan larva dan pemulihan terumbu. Di laguna, karang hidup pada terumbu karang yang rusak dapat pula sebagai sumberlarva karang. Karang ini dapat saja dapat bertahan karena mereka berada dalam terumbu karang yang lebih dalam dengan perubahan suhu lebih sedikit, dimana mereka terbias dengan fluktuasi suhu harian yang besar; atau dilindungi oleh fenomena lautan tertentu, seperti naiknya air dingin dari bawah laut. Sumber larva yang potensial ini harus diketahui, dikelola secara tepat dan dilindungi dari kerusakan lebih lanjut, khususnya dalam rangka meningkatkan pemulihan dan membantu kemampuan pemulihan dari individu koloni karang dan sistem terumbu karang secara keseluruhan.

Beberapa faktor penentu apakah suatu terumbu karang merupakan sumber larva karang yang baik:

- Keberadaan koloni karang besar yang mampu memproduksi larva dalam jumlah banyak.
- Keragaman karang yang tinggi, yang mampu meningkatkan kesempatan kolonisasi yang cepat bagi jenis cepat tumbuh dan bagi jenis lambat tumbuh.
- Keberadaan dampak manusia terhadap terumbu karang seminim mungkin, sehingga dapat memaksimalkan kesempatan reproduksi karang dan kelangsungan hidup larva.

- Terjadinya naiknya air dingin dari bawah laut, yang membantu transportasi dan kelangsungan hidup larva karang.
- Keberadaan angin besar dan arus laut yang melintasi terumbu karang sumber dan menuju ke arah terumbu karang penampung.

### **LANGKAH-LANGKAH PENGELOLAAN TERPADU EKOSISTEM TERUMBU KARANG YANG MENGALAMI BLEACHING**

Terumbu karang adalah suatu dasar bagi struktur ekonomi dan sosial di suatu kawasan, namun keadaannya dalam kondisi sangat terancam. Sangat dibutuhkan tindakan untuk mengubah kondisi saat ini, mengurangi degradasi, dan melangkah pada pengelolaan sumberdaya pesisir secara terpadu dan berkelanjutan. Upaya-upaya tingkat lokal, nasional, dan internasional dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan yang mengganggu terumbu karang.

Upaya internasional dibutuhkan untuk menurunkan emisi gas rumah kaca untuk menekan laju perubahan iklim global. Tanpa usaha-usaha tersebut, kawasan ini rentan terhadap suhu permukaan laut yang lebih tinggi yang dapat memicu perluasan pemutihan karang. Di tingkat lokal, ancaman yang nyata dari pembangunan kawasan pesisir, pencemaran, sedimentasi, penangkapan ikan berlebih, dan penangkapan ikan dengan cara merusak juga harus diatasi. Gabungan berbagai tekanan akibat kegiatan-kegiatan setempat dan peningkatan suhu global, dapat membahayakan masa depan kawasan ekosistem terumbu karang yang sangat berharga (Burke, *et al.* 2002).

Pengelolaan kawasan pesisir secara terpadu memiliki pengertian bahwa pengelolaan tersebut dilakukan melalui penilaian secara menyeluruh, merencanakan serta pelaksanaan segenap kegiatan pengelolaan guna mencapai pemanfaatan yang optimal dan berkelanjutan dari kawasan tersebut. Keunikan maupun

keterisolasian suatu kawasan perairan laut serta beragamnya sumberdaya yang ada mengisyaratkan pentingnya pengelolaan wilayah tersebut secara terpadu dan bukan secara sektoral (Hutabarat, *et al.* 2009).

Terumbu karang, khususnya terumbu karang tepi, seringkali ditemui dekat pesisir dan terletak hanya beberapa meter dari garis pantai. Pertumbuhan populasi penduduk yang cepat dan naiknya permintaan untuk industri, pariwisata, perumahan, pelabuhan dan tanjung mengakibatkan perkembangan pesisir yang ekstensif dan berdampak besar bagi terumbu karang. Hal ini perlu membutuhkan pencegahan atau pemulihan terumbu karang agar ekosistem tidak mengalami degradasi atau pemutihan.

Kesehatan ekosistem yang di daerah pesisir, seperti lamun dan mangrove, juga berperan penting bagi kesehatan terumbu karang. Mempertahankan nilai estetika pesisir, termasuk pantai dan tata ruang yang baik akan menjadi amat penting dalam pengelolaan terumbu karang dan dapat mendatangkan lagi wisatawan.

### **Langkah-Langkah Pengelolaan**

Masalah-masalah yang ada di pesisir sekarang ini membutuhkan perhatian khusus bagi suatu perencanaan dan peraturan pengembangan pesisir. Hal ini dibutuhkan suatu pengelolaan pesisir yang terpadu (*Integrated Coastal Management/ICM*) (Cicin-Sain dan Knecht, 1998). Masalah terpadu yang dapat diselesaikan adalah tidak lepas dari keberhasilan program ICM. Masalah terpadu dalam pemanfaatan sumberdaya ini termasuk didalamnya meliputi: polusi bersumber yang dari daratan; konstruksi dan kegiatan-kegiatan pada daerah pesisir dan sepanjang pemisah daerah aliran sungai (*watershed*); pertanian; kehutanan dan penggunaan lahan di daerah pesisir dan sepanjang daerah aliran sungai; pertambangan lepas pantai dan industri migas; kegiatan berkaitan dengan transportasi laut. Dengan demikian setiap permasalahan ini harus diperhatikan suatu program ICM yang efektif bagi kesuksesan pengelolaan terumbu karang dan untuk

menciptakan kondisi yang dapat memaksimalkan pemulihan ekosistem terumbu karang yang rusak.

Kesuksesan ICM membutuhkan kesadaran prinsip-prinsip partisipasi para pihak yang terkait dan peningkatan kerjasama antara para kelompok pengguna, prinsip pencegahan, monitoring dan evaluasi dari intervensi suatu pengelolaan. Bagaimanapun kebijakan dan program-program ICM membutuhkan perhatian khusus yang lebih besar untuk menciptakan kondisi untuk memulihkan terumbu karang yang mengalami pemutihan dan pemeliharaan kesehatan bagi terumbu karang yang belum rusak. Oleh karena itu, dengan pertimbangan prinsip-prinsip integrasi berdasarkan ekologi, dan sosial-ekonomi beberapa langkah pengelolaan untuk terumbu karang yang mengalami pemutihan perlu dilakukan sebagai berikut:

1. **Menerapkan sistem Daerah Perlindungan Laut (DPL) dalam kerangka kerja ICM**, yang perlu diperhatikan adalah pengetahuan tentang inter-koneksi (*interconnectedness*), kepekaan dan kemampuan pulih terumbu karang yang berbeda;
  2. **Pengidentifikasi wilayah-wilayah terumbu karang yang kurang rusak dan meninjau ulang sistem zonasi dan batasan-batasan.** Survei terumbu-terumbu karang di kawasan DPL adalah keharusan yang amat penting untuk dilakukan, untuk mengidentifikasi terumbu karang sehat dan yang dapat menyumbang bagi pemulihan wilayah tersebut secara keseluruhan. Dimana terumbu karang yang kurang terlindungi, perhatian harus diberikan untuk memperbaiki sistem zonasi atau batasan DPL secara keseluruhan. Menciptakan zona baru atau merubah batasan DPL mungkin diperlukan, bilamana hal ini diperbolehkan oleh undang-undang. Pendekatan zonasi dan
- perundang-undang yang baik juga diperlukan selama masa pemulihan.
3. **Mengembangkan pendekatan yang lebih strategis dalam sistem DPL.** Untuk pengembangan sistem DPL skala nasional dan regional, pendekatan yang lebih strategis mungkin diperlukan untuk memperhatikan terumbu karang dan pola penyebaran larva karang. Penelitian terhadap pola arus penyebaran larva akan sangat berguna (Roberts, 1998). Karena penyebaran larva karang terjadi melewati batasan-batasan nasional dan politik maka kerjasama internasional dan regional juga diperlukan. Pertimbangan strategis penting lainnya adalah konsep melindungi terumbu karang (*bet-hedging*) melawan kemungkinan pemutihan dengan cara pendirian sistem yang mencakup penyebaran geografis yang luas dan keanekaragaman jenis-jenis terumbu karang. Bila suatu sistem DPL mencakup jangkauan geografis penuh maka kemungkinan besar terumbu-terumbu karang sehat yang terlindungi dengan baik akan selamat bila mana *Hot Spot* berkembang tak terduga di seluruh wilayah tersebut;
  4. **Mengimplementasikan ukuran-ukuran untuk meningkatkan penangkapan ikan yang dikelola berkelanjutan** dan keterpaduan dari semua ini dalam garis besar perkembangan ekonomi daerah pesisir;
  5. **Pengembangan dan implementasi** dari suatu perencanaan, garis-garis acuan, peraturan dan ukuran-ukuran insentif dan mekanisme-mekanisme lain untuk mempromosikan konstruksi ramah lingkungan dan bentuk lain dari pemanfaatan tanah dan pembangunan pesisir;
  6. **Peraturan bagi polusi bersumber dari daratan.** Polusi alam ini harus ditanganis secara internasional, regional, nasional dan local. Pengelola terumbu karang dan pembuat keputusan dapat membantu mempromosikan teknologi

baru dan mendorong metode-metode temuan baru untuk limbah buangan ramah lingkungan, seperti pemanfaatan lahan basah untuk menyaring keluar limbah kaya nutrisi, dan “kering” atau kompos kotoran;

**7. Pengelolaan transportasi laut dan pengangkutan lain untuk mengurangi kerusakan pada terumbu karang dan ekosistem yang berasosiasi dengan penjangkaran, pendaratan (*grounding*), tumpahan minyak dan limbah buangan.**

Peraturan transportasi yang telah ditetapkan oleh Organisasi Maritim Internasional perlu diterapkan dan disesuaikan dengan kondisi perairan di dalam negeri. Hal ini sangat penting terkait implementasinya terhadap penumpahan minyak, peraturan-peraturan *dumping*, kondisi fasilitas pelabuhan bagi pembuangan limbah, rencana rute pelayaran dan navigasi yang tepat untuk memperhatikan daerah-daerah yang peka seperti terumbu karang. Peraturan kegiatan-kegiatan transportasi kecil juga perlu, dalam hal ini. Perlu ditingkatkan pendirian *mooring buoys*, perkembangan etika kerja dan pelatihan untuk pekerja kapal untuk praktek pengoperasian yang aman dan ramah lingkungan;

**8. Perlindungan garis pantai terhadap erosi.** Erosi pesisir dapat meningkat jika terumbu karang yang sebelumnya melindungi pantai dari ombak dan badai telah rusak. Erosi yang terjadi di pantai, dilaporkan dapat mengakibatkan pemutihan. Perlindungan pantai terhadap erosi membutuhkan dana yang begitu besar dan tidak selalu dapat mengatasi erosi. Dengan membiarkan daratan beradaptasi terhadap perubahan melalui proses alami mungkin merupakan pendekatan yang lebih baik dalam hal ini mempromosikan pemulihan terumbu karang yang rusak

untuk menciptakan kembalinya fungsi pantai;

**9. Mengurangi dampak kegiatan pariwisata.** Pada terumbu karang yang telah terdegradasi dan memutih, pengelolaan kegiatan pariwisata sekelilingnya amat diperlukan. Dampak-dampak berikut ini, antara lainnya, harus dikurangi atau dihilangkan:

- Kontak langsung dari penyelaman atau *snorkeling* (karena berjalan atau mengetuk-ketuk terumbu); menyediakan informasi bagi para penyelam dan mendidik mereka tentang bahaya potensial yang dapat mereka timbulkan. Menawarkan para penyelam lokakarya gratis keseimbangan pengapungan/*buoyancy* mungkin dapat pula membantu mengontrol keseimbangan pengapungan mereka dibawah air, melarang pemakaian sarung tangan, dan melarang menyentuh organisme-organisme terumbu karang secara sengaja.

- Merelokasi situs penyelaman atau membatasi jumlah penyelam di tempat menyelam yang terkenal, ke semuanya dapat mengurangi kerusakan pada daerah terumbu karang sedang dalam proses pemulihan.

- Kerusakan fisik dari kapal yang menjangkar (pelayaran penyelaman, nelayan, pesiar, dan lain-lain) dapat dikelola dengan menunjuk zona penjangkaran, menyediakan pilihan seperti *mooring*, dan memberlakukan peraturan-peraturan lain sehubungan dengan penjangkaran ramah lingkungan.

- Kontaminasi dari pembuangan limbah dekat pantai (limbah *resort*); mungkin lebih tepat bila *resort* pantai memproses air buangan atau mendaur ulang untuk pemeliharaan taman mereka sehingga nutrisi-nutrisi buangan dapat dipergunakan oleh tanaman.

- Sedimentasi dan polusi konstruksi bangunan (dermaga kecil dan dermaga besar, pelabuhan dan marina); tersedia bimbingan untuk rupa-rupa kegiatan

konstruksidan pelaksanaannya, dan menggunakan metode yang baik untuk mengurangidampak tersebut. Hal ini dapat ditingkatkan dan diimplementasikan denganmembuatkan syarat-syarat untuk menyetujui perencanaan pengevaluasian dampaklingkungan melalui sistem peraturan dan perijinan dan juga dengan insentif;

**10. Mendorong wisatawan untuk menyumbang dana untuk usaha pemulihan dan pengelolaan.**

Mengelola terumbu karang yang sehat maupun yang tengah pulih dari kerusakan, membutuhkan sumber pendanaan yang memadai dimana merupakan sesuatu kekurangan dari negara-negara yang terpengaruh paling kritis. Industri pariwisata yang menggantungkan diri atau memanfaatkan terumbu karang secara ekstensif, harus menyumbang bagi pengelolaan perlindungan terumbu karang. Penyelam-penyelam perorangan dan wisatawan dapat membantu dengan membayar biaya masuk atau dengan menyumbang. Wisatawan seringkali mau menyumbang dalam jumlah cukup kalau mereka yakin uang tersebut akan dipergunakan untuk pelestarian terumbu karang. Profil sosio-ekonomis para pengunjung, juga kualitas terumbu karang dan atraksi atraksi lain merupakan faktor-faktor penting kala menghitung jumlah yang mau dibayar oleh para wisatawan untuk kegiatan pengelolaan terumbu karang tersebut. Oleh karena itu survei harus dilaksanakan di setiap daerah untuk menentukan factor-faktor tersebut sebelum biaya penggunaan diberlakukan;

**11. Menyebarkan informasi kepada umum melalui pendidikan dan propaganda lainnya.** Industri pariwisata dapat memegang peranan penting dalam pendidikan dan kegiatan-propaganda lainnya. Hal-hal ini termasuk, “Apa yang boleh dan yang tidak” saat menikmati terumbu karang

dan mengenai hubungan antaraperubahan iklim dan pemutihan karang, yang dimasukkan dalam paket-paket informasi yang disediakan oleh pihak *resort* bagi para tamunya; poster-poster informatif yang dapat diambil di kantor wisata setempat; kursus pelatihan bagi pekerja-pekerja wisata untuk mengajarkan wisatawan tentang biologi dan ancaman bagi terumbu karang.

## KESIMPULAN

Kebijaksanaan dan program-program pengelolaan pesisir dan lautan berserta sumberdaya alam di dalamnya diperlukan untuk memulihkan terumbu karang yang mengalami pemutihan dan pemeliharaan kesehatan bagi terumbu karang yang belum rusak. Melalui pertimbangan prinsip-prinsip ekologi, dan sosial-ekonomi yang terintegrasi dapat dilakukan beberapa langkah pengelolaan melalui pembatasan-pembatasan kegiatan di kawasan pesisir dan lautan yang berpotensi menyebabkan pemutihan karang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Burke, L., E. Selig, M. Spalding. 2002. Terumbu Karang Yang Terancam di Asia Tenggara. Terjemahan *Reefs at Risk in Southeast Asia*. World Resources Institute.
- Cicin-Sain, B. and Knecht, R.W. 1998. Integrated Coastal and Ocean Management: Concepts and Practices. Island Press, USA. 517 pp.
- Convention on Biological Diversity (CBD). 1999. Jakarta Mandate on Marine and Coastal Biological Diversity Page. Expert consultation on bleaching, Manila, Philippines, 11–13 October 1999. [www.biodiv.org/jm.html](http://www.biodiv.org/jm.html)
- Eggleston, D.B. 1995. Recruitment in Nassau grouper *Epinephelus striatus*: postsettlement abundance, microhabitat features, and ontogenetic habitat shifts. *Marine Ecology Progress Series* 124(1–3): 9–22.

- Glynn, P.W. 1996. Coral reef bleaching: facts, hypothesis and implications. *Global Change Biology* 2(6): 495–509
- Goreau, T.J. and Hayes, R.L. 1994. Coral bleaching and ocean hotspots. *Ambio* 23(3):176–180.
- Goreau, T.J., McClanahan, T., Hayes, R. and Strong, A.E. 2000. Conservation of coralreefs after the 1998 global bleaching event. *Conservation Biology* 14(1): 5–15.
- 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.
- Hutabarat, A.A., F. Yulianda, A. Fahrudin, S. Harteti, Kusharjani, 2009. *Pengelolaan Pesisir dan Laut Secara Terpadu*. PUSDIKLAT KEHUTANAN-SECEM. Seri III. Bogor.
- Medley, P.A., Gaudian, G. and Wells, S. 1993. Coral reef fisheries stock assessment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 3(3): 242–285.
- Roberts, C. 1998. Source, sinks and the design of marine reserve networks. *Fisheries* 23(7): 16–19.
- Robertson, D.R. and Gaines, S.D. 1986. Interference competition structures habitat use in a local assemblage of coral reef surgeonfishes. *Ecology* 67(5): 1372–1383.
- Supriharyono, 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Westmacott, S., Cesar, H. and Pet-Soede, L. 2000a. Socioeconomic Assessment of the Impacts of the 1998 Coral Reef Bleaching in the Indian Ocean. Resource Analysis and Institute for Environmental Science (IVM) Report to the World Bank, African Environmental Division for the CORDIO programme. Westmacott *et al.*, 2000a