

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Terumbu Karang

Terumbu karang adalah ekosistem di laut yang terbentuk oleh biota laut penghasil kapur khususnya jenis-jenis karang batu dan alga berkapur, bersama dengan biota lain yang hidup di dasar lautan. Terumbu karang merupakan ekosistem dinamis dengan kekayaan biodiversitanya serta produktivitas tinggi, karena itu terumbu karang mempunyai peran yang signifikan. Secara ekologis, terumbu karang merupakan tempat organisme hewan maupun tumbuhan mencari makan dan berlindung. Secara fisik menjadi pelindung pantai dan kehidupan ekosistem perairan dangkal dari abrasi laut (Suryanti dkk., 2011).

Terdapat dua jenis karang, yaitu karang keras (*hard coral*) dan karang lunak (*soft coral*). Karang lunak (*soft coral*) tidak bersimbiosis dengan alga, bentuknya seperti tanaman (Risnandar, 2015). Karang keras (*hard coral*) merupakan endapan masif kalsium karbonat (CaCO_3) yang dihasilkan dari organisme karang pembentuk terumbu karang dari filum Coridaria, Ordo Scleractinia yang hidup bersimbiosis dengan Zooxanthellae dan sedikit tambahan alga berkapur serta organisme lain yang mensekresikan kalsium karbonat (Romimohtarto dan Juwana, 2005).

B. Aspek Biologi Terumbu Karang

Organisme penyusun terumbu karang hidup bersimbiosis dengan alga zooxanthellae yang dalam proses biologisnya alga mendapat karbondioksida

(CO₂) untuk proses fotosintesis dan zat hara dari hewan-hewan terumbu karang (Haruddin dkk, 2011). Secara biologis sistem reproduksi pada karang terjadi secara seksual dan aseksual. Reproduksi seksual terjadi dengan pelepasan sel telur dan sel sperma yang menghasilkan pembuahan yang bersifat hermafrodit. Reproduksi aseksual menghasilkan larva planula yang berenang bebas, bila menetap pada suatu substrat atau tempat didasar perairan maka akan berkembang menjadi sebuah koloni baru (Nybakken, 1988).

C. Aspek Ekologi Terumbu Karang

Terumbu karang tidak dapat hidup di air tawar atau muara ataupun hidup disemua tempat, akan tetapi hidup di perairan laut (Amin, 2009). Ada beberapa faktor pembatas yang membatasi penyebaran karang, yaitu:

1. Up-welling

Akibat dinamika massa air yang disebabkan oleh arus, kondisi batimetri dan faktor-faktor lain menyebabkan fenomena *up-welling*. Arus *up-welling* ini membawa massa air dingin dari lapisan bawah ke lapisan substrat terumbu karang (Santoso dan Kardono, 2008).

2. Cahaya Matahari

Cahaya yang cukup harus tersedia untuk fotosintesis zooxanthellae simbiotik dalam jaringan karang dapat terlaksana dengan baik. Tanpa cahaya yang cukup, laju fotosintesis akan berkurang dan bersama dengan itu kemampuan karang untuk menghasilkan kalsium karbonat dan membentuk terumbu akan berkurang pula. Titik kompensasi untuk karang

ialah kedalaman di mana intensitas cahaya berkurang sampai 15 – 20% dari intensitas di permukaan (Nybakken 1988).

3. Kejernihan air

Karang memerlukan air laut yang bersih dari kotoran-kotoran. Air laut yang kotor, akan menghalangi cahaya yang diperlukan oleh *zooxanthella* untuk hidup. Di samping itu, endapan lumpur atau pasir yang terkandung di dalam air akan diendapkan oleh arus sehingga akan dapat mengakibatkan kematian pada terumbu karang (Santoso dan Kardono, 2008).

4. Kedalaman

Terumbu karang tidak dapat berkembang di perairan yang lebih dalam dari 50 – 70 m, kebanyakan terumbu karang tumbuh baik pada kedalaman sampai sekitar 25 m (Nybakken, 1988). Menurut Veron (1995), yang menjadi faktor pembatas (*limiting factor*) utama distribusi karang dunia adalah faktor suhu dan cahaya.

5. Suhu perairan

Suhu terendah dimana karang dapat hidup yaitu 15°C, tetapi kebanyakan ditemukan pada suhu air diatas 18°C dan tumbuh sangat baik antara 25°C-29°C. Temperatur maksimum dimana terumbu karang masih hidup adalah 36°C (Santoso dan Kardono, 2008).

6. Salinitas Air Laut

Menurut Fagerstrom (1985) bahwa, kisaran salinitas karang berada antara 27 – 48%. Menurut Santoso dan Kardono (2008), salinitas dimana

karang dapat hidup yaitu 27-40%, tetapi mereka hidup paling baik pada salinitas normal air laut yakni 36%. Perairan pantai akan terus menerus mengalami pemasukan air tawar secara teratur dari aliran sungai, sehingga salinitasnya berkurang yang akan mengakibatkan kematian terumbu karang, yang juga membatasi sebaran karang secara lokal.

7. Sedimentasi

Terumbu karang sangat sensitif terhadap sedimentasi, akibatnya terumbu karang tidak lagi ditemukan pada daerah yang terlalu banyak pemasukan air tawar yang membawa banyak endapan lumpur meskipun keadaan lingkungannya cukup baik. Kebanyakan hewan karang tidak dapat bertahan karena adanya endapan yang menutupinya sehingga menyumbat struktur pemberian makanannya. Endapan juga menyebabkan kurangnya cahaya matahari yang dibutuhkan untuk fotosintesis, sehingga akan menyebabkan kematian bagi karang (Supriharyono, 2000).

Menurut Suharsono (1996), sedimen diketahui dapat mengetahui pertumbuhan karang, menentukan bentuk pertumbuhan karang. Ada kecenderungan bahwa karang yang tumbuh atau beradaptasi di perairan yang sedimennya tinggi, berbentuk *foliate*, *branching*, dan *ramose*. Pada perairan yang jernih atau sedimentasinya rendah lebih banyak dihuni oleh karang yang berbentuk piring (*plate* dan *digitate plate*).

8. Arus

Pergerakan air atau arus diperlukan untuk tersedianya aliran suplai makanan jasad renik dan oksigen maupun terhindarnya karang dari

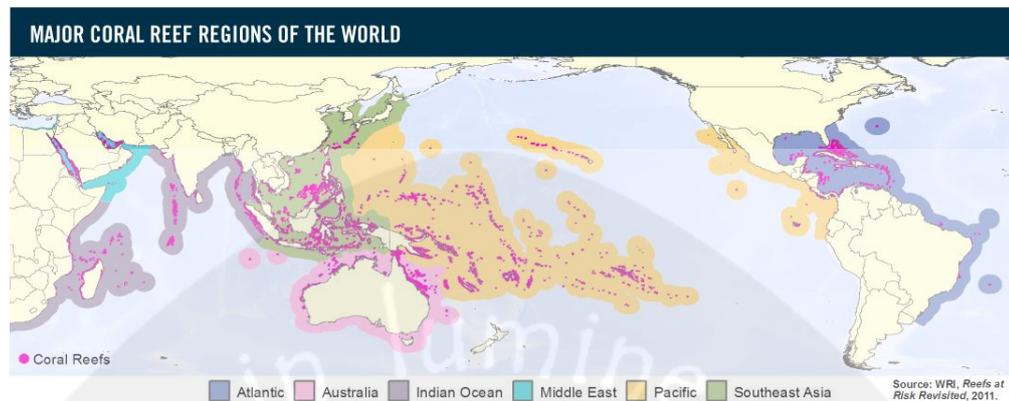
timbunan endapan. Pada siang hari oksigen didapatkan dari hasil fotosintesis *zooxanthella* dan pada malam hari sangat diperlukan arus yang kuat yang dapat memberi suplai oksigen yang cukup bagi fauna di terumbu karang. Pertumbuhan terumbu karang di tempat yang airnya selalu teraduk oleh angin, arus dan ombak lebih baik daripada yang tenang dan terlindung (Santoso dan Kardono, 2008).

9. Substrat

Hewan karang membutuhkan substrat yang keras dan kompak untuk menempel. Terutama larva planula dalam pembentukan koloni baru dari karang, yang mencari substrat keras. Substrat keras ini dapat berupa benda padat yang ada di dasar laut, seperti batu, cangkang moluska, potongan-potongan kayu, bahkan besi yang terbenam, namun setiap karang tertentu juga memiliki daya tahan yang berbeda pada benda-benda tersebut. Karang mati yang tenggelam di dasar laut juga dapat ditumbuhi berbagai jenis hewan karang (Tomascik, dkk., 1997).

D. Pola Penyebaran Terumbu Karang di Indonesia

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan garis pantai lebih dari 95.000 km dan memiliki lebih dari 17.000 pulau. Estimasi luas terumbu karang Indonesia sekitar 51.000 km². Luas terumbu karang tersebut belum mencakup terumbu karang di wilayah terpencil yang belum dipetakan atau berada di perairan agak dalam. Sebanyak 51% terumbu karang di Asia Tenggara dan 18% terumbu karang di dunia berada di perairan Indonesia (Burke, 2002).



Gambar 1. Peta penyebaran terumbu karang dunia (Sumber: WRI.org)

Berdasarkan proses geologis terbentuknya terumbu karang dan hubungannya dengan daratan, maka terumbu karang dibagi ke dalam tiga tipe yaitu:

1. Terumbu karang cincin (*atol*), yaitu terumbu karang yang dalam proses pembentukannya memerlukan waktu beratus-ratus tahun. Terumbu karang cincin biasanya terdapat di pulau-pulau kecil yang terpisah jauh dari daratan (Amin, 2009).
2. Terumbu karang penghalang (*barrier reefs*), yaitu merupakan terumbu karang yang berbentuk memanjang melindungi pulau (benua) dari lautan atau samudera dan memiliki goba (lagoon) diantara terumbu dan pulau. (Tomascik dkk., 1997).
3. Terumbu karang tepi (*fringing reefs*), yaitu tipe yang paling banyak terdapat di Indonesia. Terumbu karang tipe ini berada di tepi pantai yang jaraknya kurang dari 100 meter ke arah laut (Amin, 2009).

Sebagian besar dari terumbu karang di Indonesia bertipe terumbu karang tepu (*fringing reefs*), berdekatan dengan garis pantai dan mudah diakses oleh komunitas setempat. Terumbu karang di Indonesia dalam segi hayati tergolong

terkaya di dunia dengan keanekaragaman tumbuhan dan hewan laut yang tinggi. Di Indonesia terdapat lebih dari 480 jenis karang batu yang telah didata di wilayah timur Indonesia, dan merupakan 60% jenis karang batu di dunia yang telah dideskripsikan (Burke, 2002).

E. Manfaat Terumbu Karang

Ekosistem terumbu karang mempunyai manfaat yang bermacam-macam, menurut Amin (2009) dapat diklasifikasikan menurut fungsinya, yaitu:

1. Fungsi pariwisata

Terumbu karang memiliki keanekaragaman jenis biota sangat tinggi dan sangat produktif, dengan bentuk dan warna yang beraneka ragam. Keindahan karang, kekayaan biologi dan kejernihan airnya membuat kawasan terumbu karang terkenal sebagai tempat rekreasi. *Skin diving* atau snorkeling, SCUBA dan fotografi adalah kegiatan yang umumnya untuk menikmati terumbu karang.

2. Fungsi perikanan

Terumbu karang merupakan tempat tinggal ikan-ikan karang yang harganya mahal, sehingga nelayan menangkap ikan di kawasan terumbu karang. Jumlah panen ikan, kerang dan kepiting dari terumbu karang secara lestari di seluruh dunia mencapai 9 juta ton atau sedikitnya 12% dari jumlah tangkapan perikanan dunia.

3. Fungsi perlindungan pantai

Jenis terumbu karang yang berfungsi untuk melindungi pantai adalah terumbu karang tepi dan penghalang. Jenis terumbu karang ini berfungsi sebagai pemecah gelombang alami yang melindungi pantai dari erosi, banjir pantai, dan peristiwa perusakan lainnya yang diakibatkan oleh fenomena air laut. Terumbu karang juga memberikan kontribusi untuk akresi (penumpukan) pantai dengan memberikan pasir untuk pantai dan memberikan perlindungan terhadap desa-desa dan infrastruktur seperti jalan dan bangunan-bangunan lainnya yang berada di sepanjang pantai. Apabila dirusak, maka diperlukan milyaran rupiah untuk membuat penghalang buatan yang setara dengan terumbu karang.

4. Fungsi biodiversitas

Ekosistem terumbu karang mempunyai produktivitas dan keanekaragaman jenis biota yang tinggi. Keanekaragaman hidup di ekosistem terumbu karang per unit area sebanding atau lebih besar dibandingkan dengan hal yang sama di hutan tropis. Terumbu karang ini dikenal sebagai laboratorium untuk ilmu ekologi. Potensi untuk bahan obat-obatan, anti virus, anti kanker dan penggunaan lainnya sangat tinggi.

F. Faktor Perusak Terumbu Karang

Dalam pengelolaan dan pemanfaat yang dilakukan pada terumbu karang, banyak berbagai faktor perusak terumbu karang. Faktor-faktor tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Pengambilan karang untuk pembuatan bahan bangunan

Dilakukan pengambilan terumbu karang secara besar-besaran sebagai bahan baku kapur dan penahan hempasan gelombang yang ditempatkan dipinggir-pinggir pantai yang longsor (Kholish, 2013).

2. Pengambilan karang untuk hiasan

Kerusakan karang juga dapat disebabkan oleh pengambilan secara langsung untuk karang hias. Kegiatan ini semakin meningkat dengan banyaknya permintaan karang hias tujuan ekspor. Indonesia merupakan negara pengespor karang hias terbesar di dunia (Johan dkk., 2007).

3. Penangkapan ikan

Tingginya harga ikan-ikan karang memicu masyarakat untuk melakukan penangkapan terhadap ikan-ikan karang. Aktivitas penangkapan ikan pada daerah terumbu karang sangat besar pengaruhnya terhadap kerusakan terumbu karang. Saat ini masyarakat banyak menggunakan cara-cara penangkapan yang sangat merusak ekosistem terumbu karang seperti pengeboman dan penggunaan racun sianida (Sunarto, 2006).

4. Penangkapan/pengambilan biota non ikan pada ekosistem terumbu karang

Penangkapan/pengambilan biota-biota non ikan di terumbu karang juga menimbulkan kerusakan terumbu karang. Biota-biota penting non ikan bernilai ekonomi tinggi yang banyak diambil/ditangkap diterumbu

karang antara lain karang, sotong, gurita, berbagai spesies kima, keong/siput, kerang mutiara, rumput laut, lobster, teripang, udang, dan lain-lain (Kholish, 2013).

5. Kegiatan pariwisata

Beberapa kerusakan yang diakibatkan oleh kegiatan wisata bahari umumnya terjadi akibat kontak fisik wisatawan dengan terumbu karang baik secara sengaja maupun tidak disengaja. Kontak fisik tersebut antara lain menendang, menginjak, memegang, mengambil biota laut serta peralatan selam yang bersentuhan dengan terumbu karang (Yusnita, 2014).

6. Pembangunan di Pesisir

Pembangunan di pesisir, seperti pelabuhan, jembatan, jalan, hotel, restoran, reklamasi untuk perluasan kota, pemilikan dan penguasaan pulau merupakan kegiatan-kegiatan yang menyumbang kerusakan ekosistem pesisir, termasuk ekosistem terumbu karang (Kholish, 2013).

7. Pembangunan di Darat

Pembangunan dekat sungai dan danau, dapat menyumbang kerusakan tidak langsung pada ekosistem terumbu karang (Kholish, 2013).

8. Pencemaran

Pencemaran perairan sungai, pesisir maupun laut, dapat menyebabkan kerusakan terumbu karang. Bahan pencemar yang masuk ke dalam sungai dan danau dapat terangkut ke pesisir sehingga dapat menyebabkan kerusakan ekosistem di pesisir, termasuk ekosistem terumbu

karang. Pencemaran dapat diakibatkan oleh sampah dan limbah (Kholish, 2013).

9. Sedimentasi

Dampak bertambahnya sedimentasi akibat kegiatan antropogeni mungkin paling umum dan serius yang mempengaruhi terumbu karang. Tekanan sedimen dapat disebabkan oleh aktivitas yang terjadi secara langsung pada daerah terumbu, terutama penggalian dan pengeboman untuk pembangunan pelabuhan, atau melalui akibat sekunder yang dihasilkan dari perubahan fisik terumbu. Penambahan sedimentasi dapat memiliki pengaruh merusak terhadap karang (khususnya ketika karang terpendam seluruhnya), data kuantitatif ruang dan waktu umumnya tidak/belum tersedia (Sunarto, 2006).

10. Perubahan iklim

Sejak tahun 1979 kenaikan suhu air laut yang meliputi daerah yang luas mulai populer. El-Nino merupakan peristiwa naiknya suhu air laut dimulai dari sebelah barat Panama yang kemudian bergerak ke barat melintasi Samudera Pasifik. Kenaikkan suhu air laut dapat menyebabkan pemutihan karang yang diikuti dengan terlepasnya zooxanthella dari polip karang sehingga lama-kelamaan karang menjadi mati. Pada tahun 1983 dimana hampir semua karang yang hidup di daerah tropis mulai dari Panama sampai daerah Pasifik Barat dan laut Karibia mengalami bleaching yang diikuti kematian. Karang yang mati mulai dari kedalaman

1-15 meter yang mula-mula terlihat mati terlebih dahulu adalah karang dari jenis *Acropora* dan *Pocillopora* (Pasanea, 2013).

11. Bencana Alam

Bencana alam seperti gunung berapi, gempa bumi dan tsunami mempunyai potensi untuk merusak terumbu karang yang sangat besar. Ketiganya dijadikan satu karena antara satu dan lainnya mempunyai kaitan yang erat. Kerusakan karang yang disebabkan oleh ketiga hal tersebut diatas biasanya bersifat lokal artinya hanya terjadi disekitar daerah, dimana letusan gunung berapi, gempa bumi dan tsunami terjadi (Pasanea, 2013).

12. Predasi

Kerusakan karang dapat disebabkan oleh beberapa hewan pemakan polip karang atau hewan yang membuat rumahnya didalam koloni karang seperti kepiting, beberapa gastropoda, asteroid dan lain-lainnya. Hewan pemakan polip biasanya aktif dimalam hari. Dari berbagai jenis hewan pemakan polip karang yang mempunyai kemampuan paling besar untuk merusak koloni karang adalah *Acanthaster planci* (Pasanea, 2013).

G. Metode Survei

Ada banyak metode survei yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi penutupan terumbu karang. Metode yang dapat dipakai adalah Manta Tow, LIT (*Line Intercept Transect*), RRI (*Rapid Reef Resources Inventory*) dan UPT. Berikut deskripsi metode Manta Tow dan UPT.

G.1. Manta Tow

Survei secara cepat keberadaan terumbu karang dapat menggunakan metode Manta Tow. Metode Manta Tow juga dapat digunakan untuk mengamati perubahan secara menyeluruh pada komunitas bentik yang ada pada terumbu karang, termasuk kondisi terumbu karang tersebut. Metode ini sangat cocok untuk memantau daerah terumbu karang yang luas dalam waktu yang pendek, biasanya untuk melihat kerusakan akibat adanya badai topan, bleaching, daerah bekas bom dan hewan *Acanthaster planci* (bulu seribu). Teknik ini juga sering digunakan untuk mendapatkan daerah yang mewakili untuk di survei lebih lanjut dan lebih teliti dengan metode transek garis (Johan, 2003).

Metode Manta Tow dilakukan dengan cara peneliti ditarik menggunakan perahu selama dua menit dengan kecepatan tetap 3-5 km/jam atau seperti orang berjalan lambat. Peneliti akan mengamati beberapa objek sepanjang daerah yang dilewati dan persentase penutupan karang hidup (karang keras dan karang lunak) dan karang mati. Peralatan yang digunakan adalah masker, snorkel, fins, perahu motor minimal 5 PK, papan manta yang berukuran panjang 60 cm, lebar 40 cm, dan tebal dua cm, tali sepanjang 20 m dan berdiameter satu cm, pelampung kecil, alat tulis bawah air, stop watch dan GPS (Johan, 2003).

G.2. Underwater Photo Transect

Pengambilan sampel untuk penilaian kondisi terumbu karang dapat menggunakan metode Transek Foto Bawah Air (*Underwater Photo Transect/UPT*). Metode UPT merupakan metode yang memanfaatkan

perkembangan teknologi, baik perkembangan teknologi kamera digital maupun teknologi piranti lunak komputer. Pengambilan data di lapangan hanya berupa foto-foto bawah air yang dilakukan dengan pemotretan menggunakan kamera digital bawah air, ataupun kamera digital biasa yang diberi pelindung tahan air (*housing*). Foto-foto hasil pemotretan tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan piranti lunak computer untuk mendapatkan data-data kuantitatif (Giyanto, dkk., 2014).

Keuntungan dari penggunaan metode UPT antara lain dapat mempersingkat waktu pengambilan data di lapangan sehingga penyelam tidak perlu berlama-lama melakukan penyelaman di bawah air. Selain itu, hasil foto dapat dijadikan sebagai foto dokumentasi atau arsip yang sewaktu-waktu dapat dilihat kembali. Kekurangan dari UPT adalah ketergantungan pada kamera dan waktu analisis foto yang lebih lama (Giyanto, dkk., 2014).

H. Software CPCE

Coral Point Count with Excel extensions (CPCe) adalah program *Visual Basic* yang memfasilitasi secara otomatis dan cepat proses analisis penghitungan titik secara random. CPCe dikembangkan oleh *National Coral Reef Institute's* (NCRI) bertujuan untuk menyediakan alat yang berguna bagi para peneliti, pengelola terumbu karang, dan individu yang terlibat dalam pemantauan terumbu karang, penilaian, dan pemulihan. CPCe dibuat dan tersedia secara gratis untuk masyarakat ilmiah sebagai hak cipta *freeware* dan tidak bisa dijual, dimodifikasi atau didistribusikan ulang (Kohler dan Gill, 2006).

Foto-foto hasil pemotretan bawah air di setiap interval 1m garis transek selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan data-data kuantitatif seperti persentase tutupan masing-masing biota atau substrat. Saat ini terdapat piranti lunak pemrosesan analisis foto antara lain Sigma Scan Pro, Image J ataupun CPCe (*Coral Point Count with Excel Extention*). CPCe merupakan piranti lunak yang dapat diunduh secara bebas. CPCe dapat digunakan untuk menghitung luas area dan pemilihan sampling titik (Giyanto, dkk., 2014).

Data kuantitatif didapatkan dengan menganalisis setiap frame pada foto dengan melakukan pemilihan sampel titik secara acak. Teknik ini digunakan dengan menentukan banyaknya titik acak (*random point*) yang dipakai untuk menganalisis foto. Jumlah titik acak yang digunakan sebanyak 30 buah untuk setiap framanya, dan telah representative untuk menduga persentase tutupan kategori dan substrat. Teknik ini merupakan aplikasi dari penarikan sampel, dimana sebagai populasinya adalah semua biota dan substrat yang terdapat dalam frame foto, sedangkan sampelnya adalah titik-titik yang dipilih secara acak pada foto tersebut. Data yang dicatat hanyalah biota dan substrat yang berada tepat pada posisi titik yang telah ditentukan secara acak oleh software CPCe (Giyanto, dkk., 2014).

I. Hipotesis

1. Tutupan terumbu karang di perairan Pantai Pasir Putih Situbondo dalam keadaan sedang.

2. Jenis terumbu karang yang mendominasi adalah jenis terumbu karang bercabang.
3. Kondisi lingkungan perairan Pantai Pasir Putih Situbondo bervariasi, yaitu berlumpur, berpasir, memiliki daerah patahan karang, dengan arus dan gelombang yang kecil.

