

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Plankton

Salah satu organisme yang dapat berperan sebagai bioindikator perairan tercemar adalah plankton. Plankton adalah organisme mikroskopik yang hidup mengapung atau melayang di dalam air dan memiliki kemampuan gerak terbatas (Nontji, A. 2008).

Plankton terbagi atas dua kelompok, fitoplankton dan zooplankton. Plankton merupakan komponen utama dalam rantai makanan ekosistem perairan. Fitoplankton berperan sebagai produsen primer dan zooplankton sebagai konsumen pertama yang menghubungkan dengan biota pada tingkat trofik yang lebih tinggi (Arinardi *et al.* 1995). Distribusi plankton dapat dijadikan sebagai penentu kesuburan perairan, karena plankton (fitoplankton dan zooplankton) merupakan sumber pakan bagi organisme perairan.

Banyaknya plankton pada suatu perairan menunjukkan bahwa daerah tersebut sebagai tempat pemijahan dan tempat asuhan berbagai organisme air. Selain itu, plankton juga dapat mengindikasikan terjadinya pergerakan masa air. Distribusi fitoplankton di suatu perairan

dipengaruhi oleh berbagai faktor kimia maupun fisika. Faktor kimia yang berpengaruh antara lain DO, Nitrat, Fosfat, dan Silikat, sedangkan faktor fisika antara lain suhu, salinitas dan arus. Perubahan kualitas perairan akan berdampak terhadap kelimpahan fitoplankton. Adanya perubahan pada struktur komunitas fitoplankton dapat mempengaruhi struktur komunitas zooplankton. Keberadaan plankton sangat berkaitan dengan sumberdaya perikanan di perairan tersebut.

B. Pengertian, Habitat, dan Tipe Terumbu Karang

Terumbu karang merupakan kumpulan organisme yang hidup di dasar perairan laut dangkal terutama di daerah tropis. Terumbu karang tersusun oleh karang-karang jenis *Anthozoa* dari kelas *Scleractinia*, yang termasuk kedalam jenis-jenis karang yang mampu membuat kerangka atau bangunan karang dari kalsium karbonat atau disebut *hermatypic coral* (Nybakken, 1992).

Terumbu karang (*coral reef*) adalah suatu ekosistem diperairan laut dangkal yang terbentuk dari simbiosis hewan karang (*polyp*) dengan alga (*Zooxanthellae*) dan dapat menjadi habitat dari berbagai biota laut. Istilah terumbu karang merupakan gabungan dua makna antara terumbu dan karang. Secara umum, terumbu dapat diartikan sebagai sebuah struktur organik yang dibentuk oleh organisme (hewan invertebrate dan alga) didalam perairan laut dangkal dan menjadi habitat berbagai biota laut. Sedangkan karang, merupakan kelompok hewan ordo *Scleractinia* dari

filum Coelenterata yang mampu membangun struktur terumbu (*skeleton*) dari kapur (Johan, 2003).

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem pantai yang khas pada daerah tropis, mempunyai produktivitas dan keanekaragaman biota yang tinggi. Peranan terumbu karang cukup penting bagi kehidupan manusia yaitu sebagai sumber penghidupan, sebagai tempat budidaya, sebagai tempat rekreasi dan terutama untuk proteksi dan konservasi bagi kelestarian sumber daya perikanan. Disamping peranan tersebut, terumbu karang dalam segi ekonomi berperan sebagai pelindung pantai dari hempasan ombak dan habitat bagi berbagai jenis biota laut termasuk ikan (Supriharyono, 2007).

Hewan karang adalah sebagai komponen dari masyarakat terumbu karang, sedangkan terumbu karang adalah sebagai suatu ekosistem, termasuk organisme-organisme lain yang hidup disekitarnya. Ada dua tipe hewan karang yang dapat membentuk bangunan atau terumbu dari kalsium (*hermatypic corals*) atau dikenal dengan sebutan *reef-building corals* dan hewan karang yang tidak dapat membentuk bangunan atau terumbu karang dari kalsium (*ahermatypic corals*) atau dikenal dengan sebutan *non reef-building corals* (Nybakken, 1992).

Menurut Wood (1983), berdasarkan fungsinya dalam pembentukan terumbu dan ada atau tidaknya alga simbion, maka karang terbagi menjadi empat kelompok yaitu :

1. **Hermatypes-symbionts.** Kelompok ini terdiri dari anggota karang pembangun terumbu yaitu sebagian besar anggota Scleractinia (karang batu), Octocorallia (karang lunak) dan Hydrocorallia.
2. **Hermatypes-asymbionts.** Kelompok ini merupakan karang dengan pertumbuhan lambat yang dapat membentuk kerangka kapur masif tanpa bantuan *Zooxanthellae*, sehingga mereka mampu untuk hidup di dalam perairan yang tidak ada cahaya. Diantara anggotanya adalah Scleractinia asimbiotik dengan genus Tubastrea, Dendrophyllia, dan Hydro-Corals jenis Stylaster Rosacea.
3. **Ahermatypes-symbionts.** Anggota kelompok ini antara lain dari genus Heteropsammia dan Diaseris (Scleractinia: Fungiidae) dan Leptoseris (Agaricidae) yang hidup dalam bentuk polip tunggal kecil atau koloni kecil sehingga tidak termasuk dalam pembangun terumbu. Kelompok ini juga terdiri dari Ordo Alcyonacea dan Gorgonacea yang mempunyai alga simbiosis namun bukan pembangun kerangka kapur masif (matriks terumbu).
4. **Ahermatypes-asymbionts.** Anggota kelompok ini antara lain terdiri dari genus Dendrophyllia dan Tubastrea (Ordo Scleractinia) yang mempunyai polip yang kecil. Termasuk juga dalam kelompok ini adalah kerabat karang batu dari Ordo Antipatharia dan Corallimorpha (Subkelas Hexacorallia) dan Subkelas Octocorallia asimbiotik.

Karang hermatipik yang umumnya didominasi oleh Ordo Scleractinia, memiliki alga simbiosis atau *Zooxanthellae* yang hidup di lapisan gastrodermis. Di lapisan ini, *Zooxanthellae* sangat berperan membantu

pemenuhan kebutuhan nutrisi dan oksigen bagi hewan karang melalui proses fotosintesis. *Zooxanthellae* merupakan istilah umum bagi alga simbiosis dari kelompok Dinoflagellata yang hidup di dalam jaringan hewan lain, termasuk karang, anemon, moluska, dan taksa hewan yang lain.

Ada dua jenis terumbu karang, yaitu terumbu karang benua (*Shelf reefs*) yang menempel pada lempengan benua dan terumbu karang laut lepas (*Oceanic reefs*) yang mengelilingi pulau-pulau kecil di laut lepas pada kedalaman 200 meter. Sebagian besar terumbu karang di Indonesia adalah terumbu karang benua (Tomascik, 1997). Nybakken (1992), mengelompokkan terumbu karang menjadi tiga tipe umum yaitu :

1. Terumbu karang Tepi (*Fringing reefs*)

Terumbu karang tepi atau karang penerus berkembang di mayoritas pesisir pantai dari pulau-pulau besar. Perkembangannya bisa mencapai kedalaman 40 meter dengan pertumbuhan ke atas dan ke arah luar menuju laut lepas. Dalam proses perkembangannya, terumbu ini berbentuk melingkar yang ditandai dengan adanya bentukan ban atau bagian endapan karang mati yang mengelilingi pulau. Pada pantai yang curam, pertumbuhan terumbu jelas mengarah secara vertikal. Tipe karang seperti ini banyak ditemukan di perairan Indonesia. Contoh: Bunaken (Sulawesi), P. Panaitan (Banten), Nusa Dua (Bali). Terumbu Karang Datar atau Gosong Terumbu (*Patch reefs*). Gosong terumbu (*patch reefs*), terkadang disebut juga sebagai pulau datar (*flat island*). Terumbu ini tumbuh dari bawah ke atas sampai ke permukaan dan, dalam kurun waktu geologis, membantu pembentukan pulau datar. Umumnya pulau ini akan

berkembang secara horizontal atau vertikal dengan kedalaman relatif dangkal. Contoh: Kepulauan Seribu (DKI Jakarta), Kepulauan Ujung Batu (Aceh).

2. Terumbu Karang Penghalang (*Barrier reefs*)

Terumbu karang ini terletak pada jarak yang relatif jauh dari pulau, sekitar 0.5-2 km ke arah laut lepas dengan dibatasi oleh perairan berkedalaman hingga 75 meter. Terkadang membentuk lagoon (kolom air) atau celah perairan yang lebarnya mencapai puluhan kilometer.

Umumnya karang penghalang tumbuh di sekitar pulau sangat besar atau benua dan membentuk gugusan pulau karang yang terputus-putus.

Contoh: Great Barrier Reef (Australia), Spermonde (Sulawesi Selatan), Banggai Kepulauan (Sulawesi Tengah).

3. Terumbu Karang Cincin (*Atolls*)

Terumbu karang yang berbentuk cincin yang mengelilingi batas dari pulau-pulau vulkanik yang tenggelam sehingga tidak terdapat perbatasan dengan daratan. Menurut Darwin, terumbu karang cincin merupakan proses lanjutan dari terumbu karang penghalang, dengan kedalaman rata-rata 45 meter. Contoh: Taka Bone Rate (Sulawesi), Maratua (Kalimantan Selatan), Pulau Dana (NTT), Mapia (Papua).

C. Faktor Pembatas Ekosistem Terumbu Karang.

Terumbu karang (*coral reefs*) merupakan kumpulan binatang karang (*reef coral*), yang hidup di dasar perairan, yang berupa batuan kapur (CaCO_3),

dan mempunyai kemampuan yang cukup kuat untuk menahan gaya gelombang laut. Binatang-binatang karang tersebut umumnya mempunyai kerangka kapur, demikian pula alga yang berasosiasi di ekosistem ini banyak di antaranya juga mengandung kapur (Supriharyanto, 2007).

Keanekaragaman, penyebaran dan pertumbuhan karang tergantung pada kondisi lingkungannya. Kondisi ini pada kenyataannya tidak selalu tetap, akan tetapi seringkali berubah karena adanya gangguan, baik yang berasal dari alam atau aktivitas manusia. Gangguan dapat berupa faktor fisik-kimia dan biologis. Faktor-faktor fisik-kimia yang diketahui dapat mempengaruhi laju kehidupan pertumbuhan karang, antara lain adalah cahaya matahari, suhu, salinitas, dan sedimen. Sedangkan faktor biologis, biasanya berupa predator atau pemangsanya (Supriharyanto, 2007).

C.1. Kecerahan

Radiasi sinar matahari memegang peranan penting dalam pembentukan karang. Penetrasi sinar menentukan kedalaman di mana proses fotosintesis terjadi pada organisme alga dan *Zooxanthellae* dari jaringan terumbu. Produksi primer yang dihasilkan oleh terumbu karang diakibatkan oleh aktivitas *Zooxanthellae*, sehingga distribusi vertikal terumbu karang hanya mencapai kedalaman efektif sekitar 10 meter dari permukaan laut (Dahuri, dkk 2008). Cahaya matahari diperlukan oleh *Zooxanthellae* yang hidup bersimbiosis dengan karang untuk berfotosintesis yang menghasilkan oksigen terlarut dalam air. Jika laju fotosintesis

berkurang, maka kemampuan karang untuk menghasilkan kalsium karbonat dan membentuk terumbu akan berkurang (Nybakken, 1998).

C.2. Suhu

Secara global, sebaran terumbu karang dunia dibatasi oleh permukaan laut yang isoterm pada suhu 20°C, dan tidak ada terumbu karang yang berkembang di bawah suhu 18°C. Terumbu karang tumbuh dan berkembang optimal pada perairan bersuhu rata-rata tahunan 23-25 °C, dan dapat menoleransi suhu sampai dengan 36-40 °C (Nontji, 1993).

C.3. Salinitas

Hewan karang batu mempunyai toleransi terhadap salinitas sekitar 27 – 40 ppt, adanya aliran air tawar akan menyebabkan kematian. Itulah sebabnya daerah-daerah yang memiliki aliran air tawar jarang dijumpai ekosistem terumbu karang (Nontji, 1993).

Banyak spesies terumbu karang yang peka terhadap perubahan salinitas yang besar. Umumnya terumbu karang tumbuh dengan baik disekitar areal pesisir pada salinitas 30-35 ppt. Meskipun terumbu karang mampu bertahan pada salinitas diluar kisaran tersebut, namun pertumbuhannya kurang baik dibandingkan pada salinitas normal (Dahuri, *dkk.*,2008).

C.4. Arus

Faktor yang juga mempengaruhi pertumbuhan karang adalah arus substrat dasar perairan. Arus diperlukan untuk mendatangkan makanan berupa plankton. Disamping itu juga membersihkan dari endapan-endapan dan untuk mensuplai oksigen dari laut bebas. Oleh karena itu pertumbuhan di tempat yang airnya selalu teraduk oleh arus dan ombak, lebih baik dari pada diperairan yang tenang dan terlindung (Nontji,1993).

C.5. pH

Nilai pH mencerminkan keseimbangan asam dan basa suatu perairan. Setiap organisme mempunyai toleransi terhadap pH. Menurut NTAC (1968) dalam Pangerang dan Mansyur (1994), umumnya organisme perairan dapat hidup pada kisaran pH tidak kurang dari 6,7 dan tidak lebih dari 8,5. selanjutnya dikatakan bahwa, penambahan suatu senyawa keperairan hendaknya tidak menyebabkan perubahan pH menjadi lebih kecil dari 6,7 atau lebih besar dari 8,5.

D. Simbiosis Mutualisme Antara Hewan Karang Dengan *Zooxanthellae*

Hubungan yang erat (simbiosis) antara hewan karang dan *Zooxanthellae* dapat dikategorikan sebagai simbiosis mutualisme, karena hewan karang menyediakan tempat berlindung bagi *Zooxanthellae* dan memasok secara rutin kebutuhan bahan-bahan

anorganik yang diperlukan untuk fotosintesis, sedangkan hewan karang diuntungkan dengan tersedianya oksigen dan bahan-bahan organik dari *Zooxanthellae*. *Zooxanthellae* adalah alga dari kelompok Dinoflagellata yang bersimbiosis pada hewan, seperti karang, anemon, moluska dan lainnya (Timotius, 2003).

Sebagian besar *Zooxanthellae* berasal dari genus *Symbiodinium*.

Jumlah *Zooxanthellae* pada karang diperkirakan > 1 juta sel/cm² permukaan karang. Meski dapat hidup tidak terikat induk, sebagian besar *Zooxanthellae* melakukan simbiosis. Dalam hal ini, ada beberapa keuntungan yang didapat oleh hewan karang dengan *Zooxanthellae*, yaitu :

1. Hasil fotosintesis, seperti gula, asam amino, dan oksigen
2. Mempercepat proses kalsifikasi yang menurut Wallace (1999),

terjadi melalui skema:

- a. Fotosintesis akan menaikkan pH dan menyediakan ion karbonat lebih banyak dengan pengambilan ion Phosphat untuk fotosintesis, berarti *Zooxanthellae* telah menyingkirkan inhibitor kalsifikasi.

Bagi *Zooxanthellae*, karang adalah habitat yang baik karena merupakan pensuplai terbesar zat anorganik untuk fotosintesis.

Zooxanthellae dapat berada dalam karang, terjadi melalui beberapa mekanisme terkait dengan reproduksi karang. Reproduksi secara seksual, karang akan mendapatkan *Zooxanthellae* langsung dari induk atau secara tidak langsung dari lingkungan. Sementara dalam reproduksi aseksual, *Zooxanthellae* akan langsung

dipindahkan ke koloni baru atau ikut bersama potongan koloni karang yang lepas (Timotius, 2003).

E. Proses Reproduksi

Seperti hewan lain, karang memiliki kemampuan reproduksi secara aseksual dan seksual.

a. Reproduksi aseksual adalah reproduksi yang tidak melibatkan peleburan gamet jantan (sperma) dan gamet betina (ovum). Pada reproduksi ini, polip atau koloni karang membentuk polip atau koloni baru melalui pemisahan potongan-potongan tubuh atau rangka. Ada pertumbuhan koloni dan ada pembentukan koloni baru. Ada beberapa tipe reproduksi aseksual yaitu :

1. **Pertunasan** Terdiri dari: *Intratentakular* yaitu satu polip membelah menjadi 2 polip, jadi polip baru tumbuh dari polip lama. Apabila polip dan jaringan baru tetap melekat pada koloni induk, ini disebut penambahan ukuran koloni. *Ekstratentakular* yaitu polip baru tumbuh di antara polip-polip lain, jika polip atau tunas lepas dari koloni induk dan membentuk koloni baru, ini baru disebut reproduksi aseksual (Timotius, 2003).
2. **Fragmentasi** merupakan koloni baru terbentuk oleh patahan karang. Terjadi terutama pada karang bercabang, karena cabang mudah sekali patah oleh faktor fisik (seperti ombak atau badai) atau faktor biologi (predasi oleh ikan). Patahan (koloni) karang yang lepas dari koloni induk, dapat saja menempel kembali di dasaran dan membentuk tunas

serta koloni baru. Hal itu hanya dapat terjadi jika patahan karang masih memiliki jaringan hidup.

3. **Polip bailout** merupakan polip baru terbentuk karena tumbuhnya jaringan yang keluar dari karang mati. Pada karang yang mati, kadang kala jaringan-jaringan yang masih hidup dapat meninggalkan skeletonnya untuk kemudian terbawa air. Jika kemudian menemukan dasaran yang sesuai, jaringan tersebut akan melekat dan tumbuh menjadi koloni baru.
4. **Partenogenesis** merupakan larva tumbuh dari telur yang tidak mengalami fertilisasi.

b. Reproduksi seksual adalah reproduksi yang melibatkan peleburan sperma dan ovum (fertilisasi). Reproduksi ini lebih kompleks karena selain terjadi fertilisasi, juga melalui sejumlah tahap lanjutan (pembentukan larva, penempelan baru kemudian pertumbuhan dan pematangan). Hewan karang memiliki mekanisme reproduksi seksual yang beragam yang didasari oleh penghasil gamet dan fertilisasi.

Keragaman itu meliputi:

1. Berdasar individu penghasil gamet, karang dapat dikategorikan menjadi 2 yaitu: Gonokoris adalah dalam satu jenis (spesies), telur dan sperma dihasilkan oleh individu yang berbeda. Jadi ada karang jantan dan karang betina. Contoh: dijumpai pada genus *Porites* dan *Galaxea*. Hermafrodit adalah bila telur dan sperma dihasilkan dalam satu polip. Karang yang hermafrodit juga memiliki waktu kematangan seksual yang berbeda,

yaitu :

1. Hermafrodit yang simultan merupakan menghasilkan telur dan sperma pada waktu bersamaan dalam kesatuan sperma dan telur (*egg-sperm packets*). Meski dalam satu paket, telur baru akan dibuahi 10-40 menit kemudian yaitu setelah telur dan sperma berpisah. Contoh: jenis dari kelompok *Acroporidae*, *Favidae*.
2. Hermafrodit yang berurutan adalah ada dua kemungkinan yaitu individu karang tersebut berfungsi sebagai jantan baru, menghasilkan sperma untuk kemudian menjadi betina (protandri), atau jadi betina dulu, menghasilkan telur setelah itu menjadi jantan (protogini). Contoh: *Stylophora pistillata* dan *Goniastrea favulus* (Timotius, 2003).

Berdasar mekanisme pertemuan telur dan sperma, reproduksi seksualnya dapat dibagi menjadi dua yaitu : *Brooding* atau *planulator* telur dan sperma yang dihasilkan, tidak dilepaskan ke kolom air sehingga fertilisasi secara internal. Zigot berkembang menjadi larva planula di dalam polip, untuk kemudian planula dilepaskan ke air. Planula ini langsung memiliki kemampuan untuk melekat didasar perairan untuk melanjutkan proses pertumbuhan. Contoh: *Pocillopora Damicornis* dan *Stylophora*. **Spawning** merupakan pelepasan telur dan sperma ke air sehingga fertilisasi secara eksternal. Pada tipe ini pembuahan telur terjadi setelah beberapa jam berada di air. Contoh: pada genus *Favia*. Sebagian besar jenis karang yang telah dipelajari proses reproduksinya yaitu,

85% di antaranya menunjukkan mekanisme *spawning*. Waktu pelepasan telur secara massal, berbeda waktu bergantung pada kondisi lingkungan.