

S. Wulandari

EKOSISTEM PERAIRAN





Ekosistem Perairan

Penulis : S. Wulandari
Editor : Yulianawati
Perancang Sampul : Sucipto
Illustrator : Sucipto
Layout : Sumiati

Penerbit : PT. Sindur Press
Jl. Pleburan VIII/64
Semarang
Telp. (024) 6580335, 6582901
Fax. (024) 6582903, 6581440

Cetakan tahun 2009
ISBN: 978-979-067-074-7

Buku ini dilayout menggunakan program Adobe Page Maker 7.0, Adobe Photoshop CS, dengan font Palatino Linotype 12 pt.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang keras mengutip, menjiplak, memfotokopi sebagian atau seluruh isi buku ini serta memperjualbelikannya tanpa izin tertulis dari penerbit.

Kata Pengantar

Sebagaimana di daratan, di dalam air juga terdapat kehidupan. Berbagai macam makhluk hidup tinggal di dalam air. Bahkan, keanekaragamannya diperkirakan melebihi keanekaragaman makhluk hidup di daratan.

Makhluk hidup yang tinggal di dalam air dan lingkungan sekitarnya juga membentuk satu kesatuan yang disebut ekosistem. Ekosistem di perairan dibedakan menjadi dua, yaitu ekosistem air tawar dan ekosistem air laut.

Buku **Ekosistem Perairan** ini berisi tentang jenis-jenis ekosistem air tawar dan ekosistem air laut. Di samping itu, buku ini juga membahas tentang pencemaran terhadap ekosistem perairan dan penanggulangannya.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan buku ini di masa yang akan datang.

Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Bab 1 Pendahuluan	1
Bab 2 Ekosistem Air Tawar	12
Bab 3 Ekosistem Air Laut	26
Bab 4 Pencemaran terhadap Ekosistem Perairan dan Penanggulangannya	53
Glosarium	59
Daftar Pustaka	60



Bab 1

Pendahuluan

Dalam hidupnya, makhluk hidup berhubungan dengan makhluk hidup lain dan benda-benda mati di sekitarnya. Makhluk hidup juga membutuhkan ruang dan tempat untuk hidupnya. Tempat makhluk hidup melakukan segala aktivitas kehidupan disebut habitat. Makhluk hidup beserta segala sesuatunya yang berada di sekitarnya dapat membentuk suatu ekosistem.

Ekosistem sendiri merupakan kesatuan antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ilmu yang mempelajari ekosistem disebut ekologi. Ekologi berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani, yaitu *oikos* dan *logos*. *Oikos* artinya rumah atau tempat tinggal, dan *logos* artinya ilmu. Istilah ekologi pertama kali dikemukakan oleh Ernst Haeckel (1834-1914). Dengan demikian, sebuah ekosistem terdiri dari beberapa komponen. Komponen-komponen dalam ekosistem saling berhubungan atau berinteraksi sehingga membentuk suatu satuan fungsional.

A. Satuan Makhluk Hidup dalam Ekosistem

Dalam sebuah ekosistem terdapat satuan-satuan makhluk hidup. Satuan makhluk hidup yang terdapat dalam ekosistem adalah individu, populasi, komunitas, lingkungan hidup (habitat), dan lingkungan dunia (biosfer).

1. Individu

Istilah individu berasal dari bahasa Latin *individum* yang artinya tidak dapat dibagi. Individu adalah satu makhluk hidup tinggal di dalam suatu lingkungan. Contohnya adalah seekor ayam, seorang manusia, dan sebatang pohon kelapa. Apabila seekor ayam dipotong-potong maka ayam tersebut tidak lagi dapat disebut individu.



Seekor ayam.

Sumber: files.wordpress.com

2. Populasi

Populasi berasal dari bahasa Latin *populus* yang artinya rakyat atau penduduk. Dalam ekosistem, populasi merupakan kumpulan individu sejenis pada suatu tempat dan pada waktu tertentu. Yang dimaksud sejenis adalah memiliki persamaan bentuk, dapat melakukan perkawinan, dan mampu menghasilkan keturunan yang fertil, yaitu keturunan yang mampu berkembang biak lagi. Jumlah individu sejenis dalam satuan luas daerah tertentu disebut kepadatan populasi (densitas). Populasi suatu jenis makhluk hidup pada tiap-tiap habitat mempunyai kepadatan yang tidak sama. Jumlah individu suatu populasi dalam sebuah lingkungan dapat berubah dari waktu ke waktu. Perubahan ini disebabkan oleh 2 hal sebagai berikut.

- a. Adanya individu yang datang karena adanya kelahiran dan atau kedatangan dari tempat lain (imigrasi).
- b. Adanya individu yang pergi karena adanya kematian dan atau kepindahan ke tempat lain (emigrasi).



Proses imigrasi atau emigrasi burung.

Sumber: www.mellowdolphin.com

Faktor utama yang menyebabkan terjadinya perubahan populasi adalah karena terjadinya perubahan lingkungan sebagai berikut.

a. Perubahan suhu

Suhu sangat berpengaruh terhadap kelangsungan makhluk hidup. Pengaruh perubahan suhu terhadap populasi makhluk hidup tampak jelas pada daerah yang memiliki dua atau empat musim.

b. Kadar air tanah dan curah hujan

Kadar air lingkungan akan menyebabkan perubahan populasi makhluk hidup di dalamnya. Misalnya, di musim hujan berbagai jenis tumbuhan rumput meningkat, sementara pada musim kemarau populasinya menurun.

3. Komunitas

Istilah komunitas diambil dari bahasa Latin *communitas* yang berarti umum atau biasa. Suatu tempat biasanya terdiri atas bermacam-macam populasi. Kumpulan populasi yang berbeda-beda pada suatu tempat tertentu akan membentuk komunitas.

Populasi suatu spesies yang selalu tampak pada suatu komunitas disebut populasi yang merajai atau populasi dominan. Populasi inilah yang menentukan sifat suatu komunitas. Populasi yang hidup di suatu daerah, baik secara langsung maupun tidak langsung saling memengaruhi (berinteraksi), misal-

nya populasi rumput memengaruhi populasi rusa, populasi rusa memengaruhi populasi harimau, dan sebagainya.



Komunitas jerapah di hutan.
Sumber: ps3media. ign.com

4. Lingkungan Hidup

Makhluk hidup tidak dapat hidup sendiri. Satu makhluk hidup selalu berada di antara makhluk hidup yang lain. Contohnya adalah ikan yang hidup di kolam. Ikan tersebut tidak hidup sendiri. Di sekeliling ikan terdapat makhluk hidup, seperti tumbuhan air, hewan air lain, dan mikroorganisme.

Semua makhluk hidup di dalam kolam yang berada di sekitar ikan disebut lingkungan hidup. Dengan demikian, lingkungan yang terdiri dari makhluk hidup disebut lingkungan hidup atau lingkungan biotik.

Selain komponen-komponen hidup, makhluk hidup juga membutuhkan komponen-komponen tidak hidup. Komponen-komponen tidak hidup antara lain, air, tanah, dan udara. Komponen-komponen tidak hidup yang menunjang kelangsungan hidup makhluk hidup disebut lingkungan tidak hidup atau lingkungan abiotik. Lingkungan biotik dan abiotik membentuk suatu kesatuan yang disebut ekosistem.

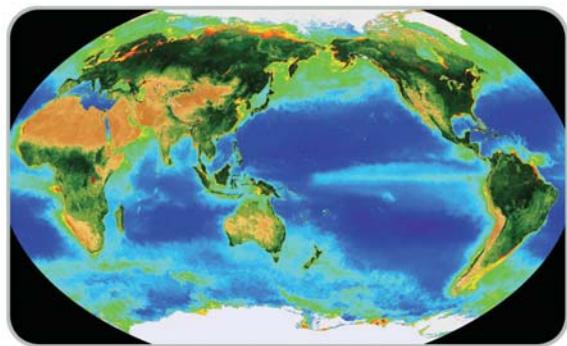


Ikan dalam kolam dengan makhluk hidup lain di sekelilingnya.

Sumber: iklanmax.com

5. Lingkungan Dunia

Kumpulan dari berbagai ekosistem di bumi membentuk satu kesatuan yang dinamakan ekosistem dunia (biosfer). Biosfer meliputi seluruh permukaan bumi, yaitu mencakup semua makhluk hidup di planet ini dan di atmosfer, yang di dalamnya terkandung berbagai ekosistem yang berbeda-beda.



Biosfer.

Sumber: kelsocartography.com

B. Macam-Macam Ekosistem

Berdasarkan sejarah terbentuknya, ekosistem dapat dibedakan menjadi 3, yaitu ekosistem alami, ekosistem buatan, dan ekosistem suksesi.

1. Ekosistem Alami

Ekosistem alami yaitu ekosistem yang terbentuk secara alami, tanpa adanya pengaruh atau campur tangan manusia. Contoh dari ekosistem alami adalah ekosistem hutan tropis dan ekosistem gurun. Ekosistem alami masih dapat dibagi lagi menjadi beberapa jenis, yaitu ekosistem darat dan ekosistem air.



Ekosistem hutan tropis atau ekosistem gurun merupakan salah satu ekosistem alami.

Sumber: www.ck12.org

2. Ekosistem Buatan

Ekosistem buatan yaitu ekosistem yang sengaja dibuat oleh manusia dengan tujuan tertentu. Contoh dari ekosistem buatan yaitu sawah, waduk, kolam, akuarium, perkebunan, dan taman.



Akuarium merupakan contoh ekosistem buatan.

Sumber: i.ehow.com

3. Ekosistem Suksesi

Ekosistem suksesi adalah ekosistem yang terjadi karena hasil suksesi lingkungan yang dahulunya mengalami kerusakan. Misalnya karena gunung meletus. Pada waktu gunung meletus seluruh kehidupan di sekitarnya akan musnah. Setelah itu lingkungan yang baru akan terbentuk yang disebut dengan ekosistem baru.

C. Komponen-Komponen Pembentuk Ekosistem

Ekosistem terdiri dari sejumlah komponen yang saling berhubungan satu sama lain dan tiap-tiap komponen mempunyai peranan sendiri-sendiri. Ada 2 komponen utama yang membentuk ekosistem, yaitu komponen biotik dan komponen abiotik.

1. Komponen Biotik

Komponen biotik ekosistem terdiri dari semua makhluk hidup yang berada dalam suatu ekosistem, misalnya manusia, tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Komponen biotik sangat beranekaragam. Setiap komponen memiliki peranan tertentu yang membuat kehidupan dalam ekosistem seimbang. Peranan itu berkaitan dengan cara makhluk hidup memenuhi kebutuhan makannya.

Berdasarkan fungsinya, komponen biotik dibedakan menjadi 3 macam, yaitu kelompok produsen, konsumen, dan pengurai atau dekomposer.

a. Kelompok Produsen

Produsen merupakan makhluk hidup yang mampu membuat makanan sendiri. Produsen mampu mengubah senyawa anorganik menjadi senyawa organik. Semua tumbuhan hijau adalah produsen karena mampu memasak makanan sendiri melalui fotosintesis dan menghasilkan makanan yang diperlukan oleh makhluk lain.

Dalam proses fotosintesis, tumbuhan menangkap energi dari sinar matahari. Energi itu digunakan oleh tumbuhan sebagai bahan bakar untuk

mengubah bahan-bahan dasar mentah menjadi karbohidrat kaya energi. Sementara air diperoleh dari dalam tanah melalui akar-akarnya.

Zat makanan yang dihasilkan oleh tumbuhan hijau digunakan untuk aktivitas hidupnya sendiri dan sebagian disimpan dalam tubuhnya. Tempat penyimpanan makanan untuk tiap-tiap tumbuhan berbeda-beda. Ada yang disimpan dalam daun, batang, buah, biji, ataupun dalam akar. Tempat penyimpanan inilah yang dimakan oleh makhluk hidup lain.



Tumbuhan hijau.
Sumber: Indonesia-online.com



Melon menyimpan makanannya di buah.
Sumber: giritontro.com

b. Kelompok Konsumen

Kelompok konsumen merupakan makhluk hidup yang tidak dapat membuat makanan sendiri. Untuk mendapatkan makanannya, konsumen menggantungkan diri pada makhluk hidup lain. Manusia dan hewan termasuk dalam golongan konsumen.

Berdasarkan makanannya, hewan dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu konsumen tingkat I, konsumen tingkat II, dan konsumen tingkat III.

- 1) Konsumen tingkat I, yaitu hewan-hewan pemakan produsen. Contoh konsumen tingkat I adalah sapi, kerbau, kelinci, ulat, dan burung pemakan biji-bijian.



Burung pemakan biji-bijian merupakan contoh konsumen tingkat I.
Sumber: farm3.static.flickr.com

- 2) Konsumen tingkat II, yaitu hewan-hewan yang memangsa konsumen tingkat I. Contohnya adalah kucing, ular, dan burung pemakan serangga.
- 3) Konsumen tingkat III, yaitu hewan-hewan yang memangsa konsumen tingkat II. Contohnya adalah harimau, singa, elang, dan musang.

Konsumen dapat dibedakan menjadi 3 kelompok, yaitu herbivora, karnivora, dan omnivora.

- Herbivora

Herbivora adalah hewan pemakan tumbuhan, contohnya adalah kelinci, kambing, sapi, kerbau, dan kuda.

- Karnivora

Karnivora adalah hewan pemangsa daging hewan lainnya. Di dalam ekosistem, hewan karnivora disebut juga hewan pemangsa atau predator. Contohnya adalah serigala, elang, harimau, singa, anjing, dan kucing.

- Omnivora

Omnivora adalah hewan pemakan segala macam makanan, baik yang berasal dari hewan maupun tumbuhan. Contohnya adalah ayam, tikus, dan itik.



Tikus merupakan omnivora.

Sumber: petinfo4u.com

c. Kelompok Pengurai atau Dekomposer

Pengurai adalah makhluk hidup yang menguraikan bahan organik yang berasal dari organisme mati (bahan organik kompleks). Makhluk hidup pengurai menyerap sebagian hasil penguraian tersebut dan melepaskan bahan-bahan yang sederhana yang dapat digunakan kembali oleh produsen. Pengurai terdiri atas beberapa organisme, misalnya serigala dan burung pemakan bangkai, juga termasuk semut, jangkerik, kecoak,

dan lipas. Selain itu, jamur dan bakteri saprofit yang menghancurkan dan menguraikan sampah menjadi unsur-unsur yang dapat menyuburkan tanah juga termasuk kelompok pengurai.



Salah satu kelompok pengurai adalah semut.

Sumber: faculty.kutztown.edu

2. Komponen Abiotik

Komponen abiotik dalam sebuah ekosistem merupakan komponen ekosistem yang terdiri atas benda-benda tidak hidup. Komponen abiotik dalam ekosistem antara lain udara, tanah, air, suhu, kelembapan, tekanan udara, dan cahaya matahari.

a. Udara

Setiap makhluk hidup membutuhkan udara. Dalam udara terkandung bermacam-macam gas yang dibutuhkan makhluk hidup, antara lain oksigen, karbon dioksida, dan hidrogen. Oksigen dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk pernapasan. Adapun karbon dioksida dan hidrogen dibutuhkan tumbuhan untuk fotosintesis.

b. Air

Hampir dua per tiga permukaan bumi ini terdiri dari air. Air dibutuhkan oleh semua makhluk hidup. Tumbuhan akan layu bahkan mati jika kekurangan air. Untuk melakukan fotosintesis, tumbuhan juga mem-



Air merupakan komponen abiotik yang sangat penting bagi manusia.

Sumber: acowboyswife.com

butuhkan air. Air juga dibutuhkan oleh hewan untuk kelangsungan hidupnya. Hewan membutuhkan air untuk minum atau sebagai tempat hidupnya. Bagi manusia, air merupakan komponen abiotik yang sangat penting. Dalam setiap segi kehidupan, manusia selalu membutuhkan air. Untuk makan, minum, mandi, dan mencuci, manusia membutuhkan air.

c. Tanah

Tanah merupakan media bagi tumbuhan untuk tumbuh. Tanah mengandung unsur hara dan mineral-mineral yang diperlukan tumbuhan untuk tumbuh dan berkembang. Sementara itu, pada beberapa hewan darat dan manusia, tanah diperlukan sebagai tempat untuk hidup.

Tanaman yang ditanam di pot dapat tumbuh dengan media tanah.

Sumber: wb4.itrademarket.com



d. Suhu

Suhu merupakan komponen abiotik yang penting bagi kelangsungan hidup setiap makhluk di bumi. Setiap makhluk hidup membutuhkan suhu tertentu untuk hidupnya. Suhu lingkungan yang tidak sesuai dengan kondisi

suatu makhluk hidup akan mengganggu kelangsungan hidup makhluk hidup bersangkutan. Bahkan makhluk hidup itu dapat mati. Ada makhluk hidup yang suhu tubuhnya mampu menyesuaikan dengan suhu lingkungannya. Makhluk hidup yang demikian disebut makhluk hidup berdarah dingin, misalnya ikan.



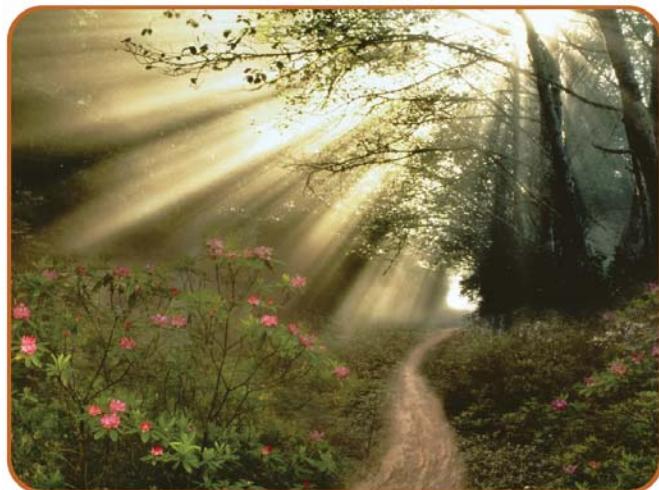
Ikan adalah makhluk hidup yang suhu tubuhnya mampu menyesuaikan dengan suhu lingkungannya.
Sumber: ri1organik.com

e. Kelembapan

Kelembapan lingkungan banyak dipengaruhi oleh suhu lingkungan itu sendiri. Lingkungan yang mempunyai suhu tinggi maka kelembapannya rendah. Kelembapan yang rendah disebabkan adanya penguapan yang tinggi. Lingkungan yang mempunyai suhu rendah, kelembapannya tinggi. Hal ini disebabkan oleh tingkat penguapan rendah. Pada suhu yang sangat rendah di bawah 0°C , penguapan tidak terjadi sama sekali. Pada makhluk hidup, kelembapan berpengaruh pada penguapan air dari tubuhnya.

f. Cahaya Matahari

Cahaya matahari merupakan komponen abiotik yang tidak kalah penting dibandingkan komponen abiotik lainnya. Cahaya matahari merupakan sumber energi utama bagi semua makhluk hidup di bumi. Bagi tumbuhan, cahaya matahari dibutuhkan dalam proses fotosintesis.



Cahaya matahari dibutuhkan oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis.

Sumber: lh4.ggpht.com

Sebagaimana di daratan, di dalam air

juga terdapat kehidupan. Berbagai macam makhluk hidup tinggal di dalam air. Bahkan, keanekaragamannya diperkirakan melebihi keanekaragaman makhluk hidup di daratan. Makhluk hidup yang tinggal di dalam air dan lingkungan sekitarnya juga membentuk satu kesatuan yang disebut ekosistem. Ekosistem di perairan dibedakan menjadi dua, yaitu ekosistem air tawar dan ekosistem air laut. Pada bab berikutnya akan dibahas mengenai ekosistem perairan lebih luas.



Bab 2

Ekosistem Air Tawar

Ekosistem air tawar menempati daerah yang relatif kecil pada permukaan bumi, dibandingkan dengan ekosistem lautan dan daratan. Tetapi, bagi manusia kepentingannya jauh lebih berarti dibandingkan dengan luas daerahnya karena alasan-alasan sebagai berikut.

1. Ekosistem air tawar merupakan sumber air yang paling praktis dan murah untuk kepentingan domestik maupun industri (air mungkin dapat diperoleh dalam jumlah lebih banyak dari laut, tetapi dengan biaya yang lebih tinggi yaitu lebih banyak energi yang diperlukan dan adanya populasi garam).
2. Komponen air tawar adalah “leher botol” (daerah kritis) pada daur hidrologi.
3. Ekosistem air tawar menawarkan sistem pembuangan yang memadai dan paling murah. Karena manusia menyalahgunakan sumber daya ini maka jelas bahwa usaha untuk mengurangi tekanan tersebut harus dilakukan secepatnya, bila tidak, air akan menjadi faktor pembatas bagi manusia.

Faktor-faktor pembatas yang cukup penting pada air tawar adalah sebagai berikut.

1. Suhu

Air mempunyai beberapa sifat unik yang berhubungan dengan panas yang secara bersama-sama mengurangi perubahan suhu sampai tingkat minimal, sehingga perbedaan suhu dalam air lebih kecil dan perubahan yang terjadi lebih lambat daripada udara. Sifat yang terpenting adalah sebagai berikut.

- a. Panas jenis yang tinggi, relatif sejumlah besar panas dibutuhkan untuk merubah suhu air. 1 gram kalori (gkal) panas dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 ml (=1 gram) air 1°C lebih tinggi (antara $15\text{-}16^{\circ}$) hanya amonia dan beberapa senyawa lain mempunyai nilai lebih dari satu.
- b. Panas fusi yang tinggi, 80 kalori dibutuhkan untuk mengubah 1 gram es menjadi air tanpa mengubah suhunya (dan sebaliknya).
- c. Panas evaporasi yang tinggi, 536 kalori diserap sewaktu evaporasi yang dapat dikatakan berlangsung terus-menerus dari permukaan vegetasi, air dan es, sebagian besar sinar matahari digunakan untuk evaporasi air dari ekosistem di dunia, dan alur energi ini mengubah iklim dan memungkinkan perkembangan kehidupan dalam semua keanekaragaman yang menakjubkan.
- d. Kerapatan air tertinggi terjadi pada suhu 4°C , di atas dan di bawah titik tersebut air akan berkembang dan menjadi lebih ringan. Sifat unik ini menyebabkan air danau tidak membeku seluruhnya pada musim dingin.

Walaupun variasi suhu dalam air tidak sebesar di udara, hal ini merupakan faktor pembatas utama, karena makhluk hidup perairan seringkali mempunyai toleransi yang sempit (stenotermal). Dengan demikian, walaupun terjadi populasi panas yang sedang oleh manusia, akibatnya dapat sangat luas. Perubahan suhu menyebabkan pola sirkulasi yang khas dan stratifikasi yang sangat memengaruhi kehidupan akuatik. Daerah perairan yang cukup luas dapat memengaruhi iklim daerah daratan di sekitarnya.



Termistor.

Sumber: blogspot.com

Suhu air paling baik dan efisien diukur menggunakan sensor elektronis seperti termistor. Pembacaan dan pencatatan langsung dari termistor memudahkan para pemula untuk mengambil profil suhu dari ekosistem air.

2. Kejernihan



Cakram secchi.
Sumber: blogspot.com

Penetrasi cahaya seringkali dihalangi oleh zat yang terlarut dalam air, membatasi zona fotosintesis, dimana ekosistem air dibatasi oleh kedalaman. Kekeruhan, terutama apabila disebabkan oleh lumpur dan partikel yang dapat mengendap, seringkali penting sebagai faktor pembatas. Sebaliknya, bila kekeruhan disebabkan oleh organisme, ukuran kekeruhan merupakan indikasi produktivitas.

Kejernihan dapat diukur dengan alat yang sangat sederhana yang disebut cakram secchi (dinamakan menurut penemuannya, A.Secchi, seorang Itali yang memperkenalkannya pada tahun 1865) berupa cakram putih dengan garis tengah kira-kira 20 cm dan dimasukkan ke dalam air sampai tidak terlihat dari permukaan. Kedalaman itu disebut kejernihan cakram secchi, yang dapat mencapai 40 m pada air yang sangat keruh dan berkisar antara beberapa centimeter pada air yang sangat jernih. Tidak produktif di danau yang tinggi letaknya, seperti Danau Crater di Taman Nasional Crater Lake, Oregon. Danau-danau di Wiesconsin yang telah dipelajari dengan intensif menggunakan cakram secchi sampai kedalaman dimana penetrasi cahaya kira-kira 5% dari radiasi yang mencapai permukaan. Sementara fotosintesis masih terjadi pada intensitas rendah, tingkatan 5% menandai batas bawah kebanyakan daerah fotosintesis.

Walaupun jelas bahwa alat-alat sintesis modern akan memberikan data yang akurat tentang penetrasi cahaya, cakram secchi masih dianggap alat yang berguna oleh ahli limnologi yang seringkali menggunakan teknik ini untuk mengatur tingkat fertilisasi untuk menghasilkan pertumbuhan fitoplankton yang baik tapi tidak terlalu tinggi.

3. Arus

Air cukup “padat” maka arah arus sangat penting sebagai faktor pembatas, terutama pada aliran air. Di samping itu, arus air sering kali sangat menentukan distribusi gas yang vital, garam, dan organisme kecil.

4. Konsentrasi Gas Pernapasan

Berbeda dengan lingkungan laut, konsentrasi oksigen dan karbon dioksida sering kali terbatas pada lingkungan air tawar. Pada “zaman polusi” ini konsentrasi oksigen terlarut dan kebutuhan oksigen biologis sering kali diukur dan merupakan faktor fisik yang paling intensif dipelajari. Sebagai suatu gambaran dari “kantong oksigen” yang disebabkan polusi dan konsekuensinya dalam hal biota biasanya berlaku berlawanan, ahli ekologi tentang populasi makin lama makin memperhatikan penyuburan dibandingkan dengan pengaruh yang membatasi dari karbon dioksida dalam air tawar.

5. Konsentrasi Garam Biogenik

Nitrat dan pospat sampai batas tertentu tampaknya terbatas jumlahnya hampir pada semua ekosistem air tawar. Dalam air danau dan aliran air dengan kesadahan rendah, kalsium dan garam-garam lain juga tampaknya terbatas. Kecuali pada beberapa mata air mineral, bahkan pada air dengan kesadahan tertinggi hanya mempunyai kadar garam atau salinitas kurang dari 0,5%, dibandingkan dengan 30-37% dalam air laut.

Ekosistem air tawar memiliki beberapa ciri. Adapun ciri-ciri ekosistem air tawar sebagai berikut.

1. Kadar garam/salinitasnya sangat rendah, bahkan lebih rendah dari kadar garam protoplasma organisme air.
2. Variasi suhu sangat rendah.
3. Penetrasi cahaya matahari kurang.
4. Dipengaruhi oleh iklim dan cuaca.

Hampir semua golongan tumbuhan terdapat pada ekosistem air tawar, tumbuhan tingkat tinggi (dikotil dan monokotil) dan tumbuhan tingkat rendah (jamur, ganggang biru, dan ganggang hijau). Sementara fauna ekosistem air tawar hampir semua filum terdapat pada ekosistem air tawar, misalnya protozoa, spans, cacing, moluska, serangga, ikan, amfibi, reptilia, burung, dan mamalia. Ada yang selalu hidup di air, ada pula yang ke air bila mencari makanan saja.



Ikan yang hidup di ekosistem air tawar.

Sumber: srv.fotopages.com

Hewan yang selalu hidup di air mempunyai cara beradaptasi dengan lingkungan yang berkadar garam rendah. Pada ikan dimana kadar garam protoplasmanya lebih tinggi daripada air, mempunyai cara beradaptasi sebagai berikut.

1. Sedikit minum, sebab air masuk ke dalam tubuh secara terus-menerus melalui proses osmosis.
2. Garam dari dalam air diabsorbsi melalui insang secara aktif.
3. Air diekskresikan melalui ginjal secara berlebihan, juga diekskresikan melalui insang dan saluran pencernaan.

Adaptasi organisme air tawar adalah sebagai berikut.

1. Adaptasi Tumbuhan

Tumbuhan yang hidup di air tawar biasanya bersel satu dan dinding selnya kuat seperti beberapa alga biru dan alga hijau. Air masuk ke dalam sel hingga maksimum dan akan berhenti sendiri. Tumbuhan tingkat tinggi, seperti teratai (*Nymphaea gigantea*), mempunyai akar jangkar (akar sulur).



Teratai termasuk tumbuhan tingkat tinggi.

Sumber: sausanatika.files.wordpress.com

Hewan dan tumbuhan rendah yang hidup di habitat air, tekanan osmosisnya sama dengan tekanan osmosis lingkungan atau isotonis.

2. Adaptasi Hewan

Ekosistem air tawar dihuni oleh nekton. Nekton merupakan hewan yang bergerak aktif dengan menggunakan otot yang kuat. Hewan tingkat tinggi yang hidup di ekosistem air tawar, misalnya ikan, dalam mengatasi perbedaan tekanan osmosis melakukan osmoregulasi untuk memelihara keseimbangan air dalam tubuhnya melalui sistem ekskresi, insang, dan pencernaan.

Ekosistem air tawar merupakan perantara ekosistem laut dan ekosistem darat. Penggolongan organisme dalam air dapat berdasarkan aliran energi dan kebiasaan hidup.

1. Berdasarkan cara memperoleh makanan atau energi, dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu organisme autotrof dan fagotrof dan saprotrof.

- a. Organisme autotrof

Organisme autotrof adalah organisme yang dapat mensintesis makanannya sendiri. Tumbuhan hijau tergolong organisme autotrof, peranannya sebagai produsen dalam ekosistem air tawar.

- b. Organisme fagotrof dan saprotrof

Fagotrof dan saprotrof merupakan konsumen dalam ekosistem air tawar. Fogotrof adalah pemakan organisme lain, sementara saprotrof adalah pemakan sampah atau sisa organisme lain.

2. Berdasarkan kebiasaan hidup, organisme dibedakan sebagai berikut.

- a. Plankton

Plankton terdiri alas fitoplankton dan zooplankton, biasanya melayang-layang (bergerak pasif) mengikuti gerak aliran air.

- b. Nekton

Nekton adalah hewan yang aktif berenang dalam air, misalnya ikan.

- c. Neuston

Neuston merupakan organisme yang mengapung atau berenang di permukaan air atau bertempat di permukaan air, misalnya serangga air.

- d. Perifiton

Perifiton merupakan tumbuhan atau hewan yang melekat atau bergantung pada tumbuhan atau benda lain, misalnya keong.



Contoh neuston adalah serangga air.

Sumber: img78.imageshack.us



Contoh perifiton adalah keong.

Sumber: blogspot.com

- e. Bentos

Bentos adalah hewan dan tumbuhan yang hidup di dasar atau hidup pada endapan. Bentos dapat melekat (sessil) atau bergerak bebas, misalnya cacing dan remis.



Contoh bentos adalah cacing.

Sumber: iptek.net.id

3. Berdasarkan fungsinya, organisme air tawar dibedakan menjadi 3 macam, yaitu produsen, konsumen, dan pengurai atau dekomposer.

a. Produsen

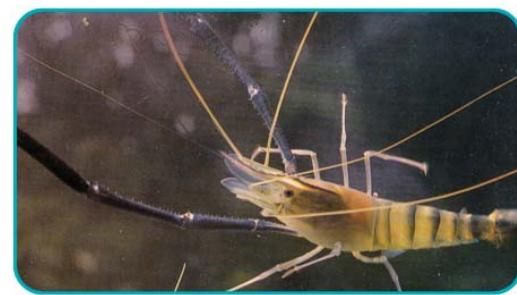
Produsen terdiri dari golongan ganggang, ganggang hijau dan ganggang biru, golongan spermatophyta, misalnya, eceng gondok, teratai, kangkung, genger, dan kiambang.



Ganggang hijau.
Sumber: windwolfwoman.com

b. Konsumen

Konsumen meliputi hewan-hewan, serangga, udang, siput, cacing, dan hewan-hewan lainnya.



Udang sebagai konsumen dalam ekosistem air tawar.

Sumber: blog.unila.ac.id

c. Dekomposer/pengurai

Dekomposer atau pengurai sebagian besar terdiri atas bakteri dan mikroba lain.

Ekosistem air tawar dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu air tergenang atau ekosistem lentic (berasal dari kata *lenis* berarti tenang) yang terdiri dari danau, kolam, rawa atau pasir terapung dan air mengalir atau ekosistem lotik (berasal dari *lotus* berarti tercuci) yang terdiri dari mata air, aliran air (brook creek) atau sungai.

A. Ekosistem Danau

Danau merupakan suatu badan air yang menggenang dan luasnya mulai dari beberapa meter persegi hingga ratusan meter persegi. Di danau terdapat pembagian daerah berdasarkan penetrasi cahaya matahari. Daerah yang dapat ditembus cahaya matahari sehingga terjadi fotosintesis disebut daerah fotik. Sementara daerah yang tidak tertembus cahaya matahari disebut daerah afotik.

Di danau juga terdapat daerah perubahan temperatur yang drastis atau termoklin. Termoklin memisahkan daerah yang hangat di atas dengan daerah dingin di dasar. Komunitas tumbuhan dan hewan tersebar di danau sesuai dengan kedalaman dan jaraknya dari tepi. Berdasarkan hal tersebut danau dibagi menjadi 4 daerah sebagai berikut.

1. Daerah Litoral

Daerah litoral merupakan daerah dangkal. Cahaya matahari menembus dengan optimal. Air yang hangat berdekatan dengan tepi. Tumbuhannya merupakan tumbuhan air yang berakar dan daunnya ada yang mencuat ke atas permukaan air.

Komunitas organisme di daerah litoral sangat beragam, termasuk jenis-jenis ganggang yang melekat (khususnya diatom), berbagai siput dan remis, serangga, krustacea, ikan, amfibi, reptilia air dan semi air seperti kura-kura dan ular, itik dan angsa, dan beberapa mamalia yang sering mencari makan di danau.



Kura-kura hidup di danau daerah litoral.
Sumber: photobucket.com

2. Daerah Limnetik

Daerah limnetik merupakan daerah air bebas yang jauh dari tepi dan masih dapat ditembus sinar matahari. Daerah ini dihuni oleh berbagai fitoplankton, termasuk ganggang dan sianobakteri. Ganggang berfotosintesis dan bereproduksi dengan kecepatan tinggi selama musim panas dan musim semi. Zooplankton yang sebagian besar termasuk rotifera dan udang-udangan kecil memangsa fitoplankton. Zooplankton dimakan oleh ikan-ikan kecil. Ikan kecil dimangsa oleh ikan yang lebih besar, kemudian ikan besar dimangsa ular, kura-kura, dan burung pemakan ikan.

3. Daerah Profundal

Daerah profundal merupakan daerah yang dalam, yaitu daerah afotik danau. Mikroba dan organisme lain menggunakan oksigen untuk respirasi seluler setelah mendekomposisi detritus yang jatuh dari daerah limnetik. Daerah profundal dihuni oleh cacing dan mikroba.

4. Daerah Bentik

Daerah bentik merupakan daerah dasar danau tempat terdapatnya bentos dan sisa-sisa organisme mati.

Danau juga dapat dikelompokkan berdasarkan produksi materi organiknya, yaitu danau oligotropik dan danau eutropik.

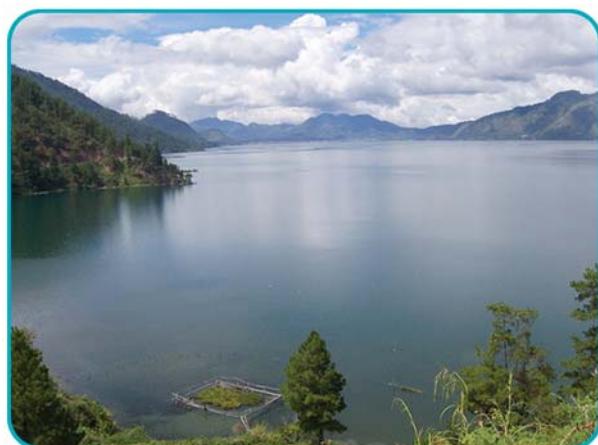
1. Danau Oligotropik

Oligotropik merupakan sebutan untuk danau yang dalam dan kekurangan makanan karena fitoplankton di daerah limnetik tidak produktif. Ciri-ciri danau oligotropik adalah airnya jernih sekali, dihuni oleh sedikit organisme, dan di dasar air banyak terdapat oksigen sepanjang tahun.

2. Danau Eutropik

Eutropik merupakan sebutan untuk danau yang dangkal dan kaya akan kandungan makanan, karena fitoplankton sangat produktif. Ciri-ciri danau eutropik adalah airnya keruh, terdapat bermacam-macam organisme, dan oksigen terdapat di daerah profundal.

Danau oligotrofik dapat berkembang menjadi danau eutropik akibat adanya materi-materi organik yang masuk dan endapan. Perubahan ini juga dapat dipercepat oleh aktivitas manusia, misalnya dari sisa-sisa pupuk buatan pertanian dan timbunan sampah kota yang



Danau eutropik.
Sumber: gayolut.files.wordpress.com

memperkaya danau dengan buangan sejumlah nitrogen dan fosfor. Akibatnya terjadi peledakan populasi ganggang atau *blooming*, sehingga terjadi produksi detritus yang berlebihan yang akhirnya menghabiskan suplai oksigen di danau tersebut. Pengayaan danau seperti ini disebut “eutrofikasi”. Eutrofikasi membuat air tidak dapat digunakan lagi dan mengurangi nilai keindahan danau.

B. Ekosistem Kolam

Ekosistem kolam ditandai oleh adanya bagian perairan yang tidak dalam sehingga (kedalamannya tidak lebih dari 4-5 meter) yang memungkinkan tumbuh-tumbuhan berakar dapat tumbuh di semua bagian perairan. Tidak ada batasan tegas yang dapat dibuat antara danau dan kolam.

Ada perbedaan kepentingan secara ekologis, selain dari ukuran secara keseluruhan. Dalam danau daerah limnetik dan profundal relatif besar ukurannya dibandingkan dengan daerah litoral. Apabila sifat-sifatnya kebalikannya biasanya disebut kolam. Jadi, daerah limnetik adalah daerah produsen utama untuk danau secara keseluruhan. Kolam adalah daerah perairan kecil dimana daerah litoralnya relatif besar dan daerah limnetik secara profundal kecil atau tidak ada. Stratifikasi tidak terlalu penting.

Kolam dapat dijumpai di kebanyakan daerah dengan curah hujan yang cukup. Kolam alami jumlahnya banyak terdapat di daerah kapur bila terjadi depresi atau “penurunan” karena dari cairan di bawahnya. Kolam sementara yaitu kolam kering untuk beberapa waktu dalam kurun waktu setahun, terutama menarik dan mendukung komunitas yang unik.

Organisme di dalam kolam seperti ini harus dapat bertahan pada stadium dorman selama periode kering atau dapat bergerak ke dalam dan keluar kolam, seperti amfibi dan serangga air yang dewasa. Udang-udangan terutama menonjol karena dapat beradaptasi dengan baik dan sangat terbatas penyebarannya pada kolam. Sementara telur-telurnya dapat bertahan tetap hidup dalam tanah yang kering untuk beberapa bulan.

Seperti habitat marginal yang lain, kolam kontemporer adalah tempat yang sesuai untuk organisme yang beradaptasi untuk itu karena kompetisi

interspesifik dan predasi berkurang. Walaupun begitu, sebuah kolam temporer mengandung air hanya untuk beberapa minggu. Perubahan musiman tertentu dari organisme mungkin terjadi, sehingga memungkinkan variasi organisme yang cukup besar untuk menggunakan habitat yang secara fisik sangat terbatas.

Kolam yang terjadi karena pembendungan atau penggalian oleh manusia atau oleh binatang, seperti "beaver" adalah salah satu yang paling banyak. Saat ini banyak sekali kolam pertanian dibangun yang berbeda dengan kolam penggilingan yang dibentuk dengan membendung aliran air yang agak besar untuk keperluan pembangkit tenaga bagi penggilingan kecil.

Kolam yang dibentuk oleh beaver merupakan ciri di beberapa tempat di benua Amerika Utara ketika orang-orang Eropa tiba di sana. Suatu kolam beaver biasanya mempunyai sejarah kehidupan ekologis yang pendek, karena kolam seperti itu ditinggalkan bila makanan dari pohon di daerah itu berkurang.



Kolam beaver.
Sumber: media-cdn.tripadvisor.com

C. Ekosistem Rawa

Ekosistem rawa air tawar berbeda dengan hutan rawa gambut, yaitu tidak terdapatnya kandungan gambut yang tebal dan sumber airnya berasal dari air hujan dan air sungai. Ekosistem yang ada di rawa condong ke arah ekosistem yang subur, fluktuasi ketinggian air dapat menjaga stabilitas dan fertilitas air. Nutrisi yang terlarut dalam air meningkatkan produktivitas. Apabila terjadi pendangkalan maka rawa cenderung untuk ditumbuhi vegetasi berkayu. Oleh karena itu, peranan manusia penting di dalam mengendalikan pendangkalan rawa ini.



Ekosistem yang ada di rawa.
Sumber: dephut.go.id

Rawa merupakan sebutan untuk semua daerah yang tergenang air, yang penggenangannya dapat bersifat musiman ataupun permanen dan ditumbuhi oleh tumbuhan (vegetasi). Hutan rawa memiliki keanekaragaman hayati yang sangat kaya. Jenis-jenis floranya antara lain: durian burung (*Durio carinatus*), ramin (*Gonystylus sp.*), terentang (*Camnosperma sp.*), kayu putih (*Melaleuca sp.*), sagu (*Metroxylon sp.*), rotan, pandan, palem-paleman, dan berbagai jenis liana. Faunanya antara lain: harimau (*Panthera tigris*), orang utan (*Pongo pygmaeus*), rusa (*Cervus unicolor*), buaya (*Crocodylus porosus*), babi hutan (*Sus scrofa*), badak, gajah, musang air, dan berbagai jenis ikan.

Terdapat beberapa jenis rawa. Adapun jenis-jenis rawa tersebut antara lain sebagai berikut.

1. Hutan rawa air tawar, memiliki permukaan tanah yang kaya akan mineral. Biasanya ditumbuhi hutan lebat.
2. Hutan rawa gambut, terbentuk dari sisa-sisa hewan dan tumbuhan yang proses penguraiannya sangat lambat sehingga tanah gambut memiliki kandungan bahan organik yang sangat tinggi.
3. Rawa tanpa hutan, merupakan bagian dari ekosistem rawa hutan. Namun hanya ditumbuhi tumbuhan kecil seperti semak dan rumput liar. Indonesia memiliki lebih dari 23 juta hektar rawa.

Rawa sebagai suatu ekosistem perairan memiliki peran dan manfaat. Adapun peran dan manfaat hutan rawa sebagai berikut.

1. Sumber cadangan air, dapat menyerap dan menyimpan kelebihan air dari daerah sekitarnya dan akan mengeluarkan cadangan air tersebut pada saat daerah sekitarnya kering.
2. Mencegah terjadinya banjir dan mencegah intrusi air laut ke dalam air tanah dan sungai.
3. Sumber energi.
4. Sumber makanan nabati maupun hewani.

Jika hutan rawa hilang dapat mengakibatkan kekeringan, dapat mengakibatkan intrusi air laut lebih jauh ke daratan, dapat mengakibatkan banjir, hilangnya flora dan fauna di dalamnya, dan sumber mata pencaharian penduduk setempat berkurang

D. Ekosistem Sungai

Sungai adalah suatu badan air yang mengalir ke satu arah. Air sungai dingin dan jernih serta mengandung sedikit sedimen dan makanan. Aliran air dan gelombang secara konstan memberikan oksigen pada air. Suhu air bervariasi sesuai dengan ketinggian dan garis lintang.

Komunitas yang berada di sungai berbeda dengan danau. Air sungai yang mengalir deras tidak mendukung keberadaan komunitas plankton untuk berdiam diri karena akan terbawa arus. Sebagai gantinya terjadi fotosintesis dari ganggang yang melekat dan tanaman berakar, sehingga dapat mendukung rantai makanan.

Komposisi komunitas hewan juga berbeda antara sungai, anak sungai, dan hilir. Di anak sungai sering dijumpai ikan air tawar. Di hilir sering dijumpai ikan kucing dan gurami.

Beberapa sungai besar dihuni oleh berbagai kura-kura dan ular. Khusus sungai di daerah tropis, dihuni oleh buaya dan lumba-lumba.

Organisme sungai dapat bertahan tidak terbawa arus karena mengalami adaptasi evolusioner. Misalnya bertubuh tipis dorsoventral dan dapat melekat pada batu. Beberapa jenis serangga yang hidup di sisi-sisi hilir menghuni habitat kecil yang bebas dari pusaran air.



Ikan gurami.
Sumber: blogspot.com



Bab 3

Ekosistem Air Laut

Ekosistem air laut luasnya lebih dari dua per tiga permukaan bumi ($\pm 70\%$). Karena luasnya dan potensinya sangat besar, ekosistem laut menjadi perhatian orang banyak, khususnya yang berkaitan dengan revolusi biru.

Adapun ciri-ciri ekosistem laut adalah sebagai berikut.

1. Memiliki kadar mineral yang tinggi, ion terbanyak ialah Cl-(55%), namun kadar garam di laut bervariasi, ada yang tinggi (seperti di daerah tropika) dan ada yang rendah (di laut beriklim dingin).
2. Ekosistem air laut tidak dipengaruhi oleh iklim dan cuaca.

Ekosistem laut dibedakan menjadi dua, yaitu berdasarkan intensitas cahaya matahari ke dalam lautan dan berdasarkan kedalaman air laut. Berdasarkan intensitas cahaya matahari ke dalam lautan, ekosistem laut dibedakan menjadi 3 bagian sebagai berikut.

1. Daerah fotik, yaitu daerah laut yang masih dapat ditembus cahaya matahari dan kedalaman maksimum 200 m.
2. Daerah twilight, yaitu daerah remang-remang, tidak efektif untuk kegiatan fotosintesis dan kedalaman antara 200-2.000 m.
3. Daerah afotik, yaitu daerah yang tidak tembus cahaya matahari. Jadi gelap sepanjang masa.

Berdasarkan kedalaman air laut, ekosistem air laut dibedakan menjadi empat daerah seperti berikut.

1. Daerah Litoral atau Daerah Pasang Surut

Daerah litoral adalah daerah yang langsung berbatasan dengan daratan. Radiasi matahari, variasi temperatur, dan salinitas mempunyai pengaruh yang lebih berarti untuk daerah ini dibandingkan dengan daerah laut lainnya. Biota yang hidup di daerah ini antara lain ganggang yang hidup sebagai bentos, teripang, bintang laut, udang, kepiting, dan cacing laut.



Teripang.

Sumber: dailywhatever.net

2. Daerah Neritik

Daerah neritik merupakan daerah laut dangkal, daerah ini masih dapat ditembus cahaya sampai ke dasar, dan kedalaman daerah ini dapat mencapai 200 m. Biota yang hidup di daerah ini adalah plankton, nekton, neston, dan bentos.

3. Daerah Batial atau Daerah Remang-Remang

Kedalaman daerah batial antara 200-2.000 m dan sudah tidak ada produsen. Hewannya hanya berupa nekton.

4. Daerah Abisal

Daerah abisal adalah daerah laut yang kedalamannya lebih dari 2.000 m. Daerah ini gelap sepanjang masa dan tidak terdapat produsen.

Menurut fungsinya, komponen biotik ekosistem laut dapat dibedakan menjadi 3, sebagai berikut.

1. Produsen

Produsen terdiri atas fitoplankton dan ganggang laut lainnya.

2. Konsumen

Konsumen terdiri atas berbagai jenis hewan. Hampir semua filum hewan ditemukan di dalam ekosistem laut.

3. Zooplakton

Zooplankton terdiri atas bakteri dan hewan-hewan pemakan bangkai atau sampah.

Pada ekosistem laut dalam, yaitu pada daerah batial dan abisal merupakan daerah gelap sepanjang masa. Di daerah tersebut tidak berlangsung kegiatan fotosintesis sehingga tidak ada produsen. Dengan demikian yang ditemukan hanya konsumen dan dekomposer. Ekosistem laut dalam merupakan suatu ekosistem yang tidak lengkap.

Adaptasi biota laut terhadap lingkungan yang berkadar garam tinggi pada hewan dan tumbuhan tingkat rendah tekanan osmosisnya kurang lebih sama dengan tekanan osmosis air laut sehingga tidak terlalu mengalami kesulitan untuk beradaptasi. Tetapi bagaimanakah dengan hewan tingkat tinggi, seperti ikan yang mempunyai tekanan osmosis jauh lebih rendah daripada tekanan osmosis air laut. Cara ikan beradaptasi dengan kondisi seperti itu adalah banyak minum, air masuk ke jaringan secara osmosis melalui usus, sedikit mengeluarkan urine, pengeluaran air terjadi secara osmosis, dan garam-garam dikeluarkan secara aktif melalui insang.

Ekosistem air laut dibedakan atas lautan, pantai, estuari, terumbu karang, dan padang lamun.

A. Ekosistem Laut

Habitat laut (oseanik) ditandai oleh salinitas (kadar garam) yang tinggi dengan ion Cl⁻ mencapai 55% terutama di daerah laut tropik, karena suhunya tinggi dan penguapan besar. Di daerah tropika, suhu laut sekitar 25°C.

Perbedaan suhu bagian atas dan bawah tinggi. Batas antara lapisan air yang panas di bagian atas dengan air yang dingin di bagian bawah disebut daerah termoklin.

Di daerah dingin, suhu air laut merata sehingga air dapat bercampur. Dengan demikian, daerah permukaan laut tetap subur dan banyak plankton serta ikan. Gerakan air dari pantai ke tengah menyebabkan air bagian atas turun ke bawah dan sebaliknya, sehingga memungkinkan terbentuknya rantai makanan yang berlangsung baik. Habitat laut dapat dibedakan berdasarkan kedalamannya dan wilayah permukaannya secara horizontal.

Menurut kedalamannya, ekosistem air laut dibagi sebagai berikut.

1. Litoral merupakan daerah yang berbatasan dengan darat.
2. Neritik merupakan daerah yang masih dapat ditembus cahaya matahari sampai bagian dasar dalamnya ± 300 meter.
3. Batial merupakan daerah yang dalamnya berkisar antara 200-2.500 m.
4. Abisal merupakan daerah yang lebih jauh dan lebih dalam dari pantai (1.500-10.000 m).

Sementara menurut wilayah permukaannya secara horizontal, berturut-turut dari tepi laut semakin ke tengah, laut dibedakan sebagai berikut.

1. Epipelagik merupakan daerah antara permukaan dengan kedalaman air sekitar 200 m.
2. Mesopelagik merupakan daerah di bawah epipelagik dengan kedalaman 200-1.000 m. Hewannya misalnya ikan hiu.



Ikan hiu hidup di daerah mesopelagik.

Sumber: matanews.com

3. Batiopelagik merupakan daerah lereng benua dengan kedalaman 200-2.500 m. Hewan yang hidup di daerah ini misalnya gurita.
4. Abisalpelagik merupakan daerah dengan kedalaman mencapai 4.000 m. Tidak terdapat tumbuhan tetapi hewan masih ada. Sinar matahari tidak mampu menembus daerah ini.
5. Hadalpelagik merupakan bagian laut terdalam (dasar). Kedalaman lebih dari 6.000 m. Di bagian ini biasanya terdapat lele laut dan ikan taut yang dapat mengeluarkan cahaya. Sebagai produsen di tempat ini adalah bakteri yang bersimbiosis dengan karang tertentu.

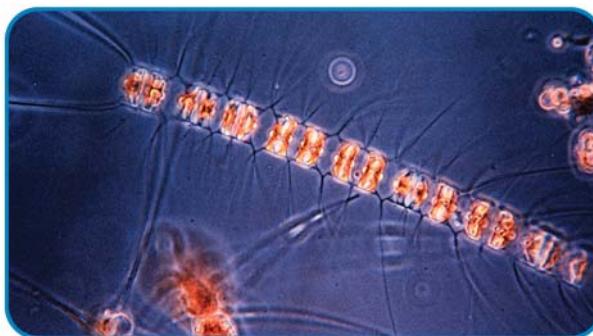
Di laut, hewan dan tumbuhan tingkat rendah memiliki tekanan osmosis sel yang hampir sama dengan tekanan osmosis air laut. Hewan tingkat tinggi beradaptasi dengan cara banyak minum air, pengeluaran urine sedikit, dan pengeluaran air dengan cara osmosis melalui insang. Garam yang berlebihan diekskresikan melalui insang secara aktif.



Gurita yang hidup di daerah batiopelagik.
Sumber: chemistry.csudh.edu



Ikan lele laut yang hidup di daerah hadalpelagik.
Sumber: filbertchen.files.wordpress.com



Chaetoceros.
Sumber: bio.mtu.edu

Organisme-organisme yang hidup di laut antara satu pembagian daerah dengan daerah lain berbeda-beda. Organisme yang terdapat di daerah pelagik laut antara lain, *Chaetoceros*, *Biddulphia*, *Nitzchia*, *Gymnodinium*, *Tallassiosira*, *Ceratium*, *Coccolithophorids*, *Favella*, *Globigerina*,

Protocystis, Clione, Calanus, Pelagia, Tomopteris, Saggita, Euphausia, Balaenoptera, Physeter, Apherusa, dan Cyclosalpa.

Sementara ikan-ikan yang terdapat di kedalaman laut antara lain, *Argyropelecus*, *Bathypterois*, *Linophryne*, *Lasiognatus*, *Malacostus*, *Edriolynchus*, *Gigantactis*, dan *Macropharynx*.

Binatang bentik yang terdapat di laut dalam antara lain, *Eremicaster*, *Ophiura*, *Odostomia*, *Diastylis*, *Ischnomesus*, *Storhyngura*, dan *Neotanais*.

Organisme yang terdapat di daerah neritik laut antara lain, *Ulva*, *Ectocarpus*, *Alaria*, *Sargassum* alga cokelat, *Rhodimenia*, *Polyshiponina*, *Podon*, *Phtisicia*, *Thia larva*, *Branacle nauplius*, *Acartia*, *Phyllosoma* larva dari lobster, *Plathynereis*, *Ostrea*, *Snail Larva*, *Larva Brittle Bintang*, *Gadus*, dan *Solea*.



Argyropelecus.
Sumber: dkimages.com



Ulva.
Sumber: jonolavsakvarium.com

B. Ekosistem Pantai

Ekosistem pantai letaknya berbatasan dengan ekosistem darat, laut, dan daerah pasang surut. Ekosistem pantai dipengaruhi oleh siklus harian pasang surut laut.

Organisme yang hidup di pantai memiliki adaptasi struktural sehingga dapat melekat erat di substrat keras. Daerah paling atas pantai hanya terendam saat pasang naik tinggi. Daerah ini dihuni oleh beberapa jenis

ganggang, moluska, dan remis yang menjadi konsumsi bagi kepiting dan burung pantai.

Daerah tengah pantai terendam saat pasang tinggi dan pasang rendah. Daerah ini dihuni oleh ganggang, porifera, anemon laut, remis dan kerang, siput herbivora dan karnivora, kepiting, landak laut, bintang laut, dan ikan-ikan kecil. Daerah pantai terdalam terendam saat air pasang maupun surut. Daerah ini dihuni oleh beragam invertebrata dan ikan serta rumput laut.

Komunitas tumbuhan berturut-turut dari daerah pasang surut ke arah darat dibedakan sebagai berikut.



Burung pantai yang sedang mencari makan di tepi pantai.

Sumber: animaltalk.us



Rumput laut.

Sumber: goblue.or.id

1. Formasi Pes Caprae



Ipomoea pes caprae.

Sumber: wikimedia.org

tectorius (pandan), dan *Scaevola Fruescens* (babakoan).

Dinamakan formasi pes caprae karena yang paling banyak tumbuh di gundukan pasir adalah tumbuhan *Ipomoea pes caprae* yang tahan terhadap hembusan gelombang dan angin. Tumbuhan ini menjalar dan berdaun tebal. Tumbuhan lainnya adalah *Spinifex littorius* (rumput angin), *Vigna*, *Euphorbia atoto*, dan *Canaualia martina*. Lebih ke arah darat lagi ditumbuhi *Crinum asiaticum* (bakung), *Pandanus*

2. Formasi Baringtonia



Wedelia.

Sumber: southwestfloridaecotours.com

Daerah ini didominasi tumbuhan baringtonia, termasuk di dalamnya *Wedelia*, *Thespesia*, *Terminalia*, *Guettarda*, dan *Erythrina*. Bila tanah di daerah pasang surut berlumpur maka kawasan ini berupa hutan bakau yang memiliki akar napas. Akar napas merupakan adaptasi tumbuhan di daerah berlumpur yang kurang oksigen. Yang termasuk tumbuhan

di hutan bakau antara lain *Nypa*, *Acathus*, *Rhizophora*, dan *Cerbera*.

Hutan bakau (mangrove) merupakan komunitas vegetasi pantai tropis, yang didominasi oleh beberapa jenis pohon mangrove yang mampu tumbuh dan berkembang pada daerah pasang surut pantai berlumpur. Menurut Davis, Claridge dan Natarina, hutan mangrove memiliki fungsi dan manfaat sebagai berikut.

1. Habitat satwa langka

Hutan bakau sering menjadi habitat jenis-jenis satwa. Lebih dari 100 jenis burung hidup di daerah ini, dan daratan lumpur yang luas berbatasan dengan hutan bakau merupakan tempat mendaratnya ribuan burung pantai ringan migran, termasuk jenis burung langka blekok Asia (*Limnodrumus semipalmatus*).

2. Pelindung terhadap bencana alam

Vegetasi hutan bakau juga dapat melindungi bangunan dan tanaman



Blekok Asia atau *Limnodrumus semipalmatus*.

Sumber: lamanday.files.wordpress.com

pertanian atau vegetasi alami dari kerusakan akibat badai atau angin yang bermuatan garam melalui proses filtrasi.

3. Pengendapan lumpur

Sifat fisik tanaman pada hutan bakau membantu proses pengendapan lumpur. Pengendapan lumpur berhubungan erat dengan penghilangan racun dan unsur hara air karena bahan-bahan tersebut sering kali terikat pada partikel lumpur. Dengan hutan bakau, kualitas air laut terjaga dari endapan lumpur erosi.



Akar bakau yang berada di lumpur.
Sumber: borrowedearth.files.wordpress.com

4. Penambah unsur hara

Sifat fisik hutan bakau cenderung memperlambat aliran air dan terjadi pengendapan. Seiring dengan proses pengendapan ini terjadi unsur hara yang berasal dari berbagai sumber, termasuk pencucian dari areal pertanian.

5. Penambat racun

Banyak racun yang memasuki ekosistem perairan dalam keadaan terikat pada permukaan lumpur atau terdapat di antara kisi-kisi molekul partikel tanah air. Beberapa spesies tertentu dalam hutan bakau bahkan membantu proses penambatan racun secara aktif.

6. Sumber alam dalam kawasan (*in-situ*) dan luar kawasan (*ex-situ*)

Hasil alam *in-situ* mencakup semua fauna dan hasil pertambangan atau mineral yang dapat dimanfaatkan secara langsung di dalam kawasan. Sementara sumber alam *ex-situ* meliputi produk-produk alamiah di hutan mangrove dan terangkut atau berpindah ke tempat lain yang kemudian digunakan oleh masyarakat di daerah tersebut menjadi sumber makanan bagi organisme lain atau menyediakan fungsi lain seperti menambah luas pantai karena pemindahan pasir dan lumpur.

7. Transportasi

Pada beberapa hutan mangrove, transportasi melalui air merupakan cara yang paling efisien dan paling sesuai dengan lingkungan.

8. Sumber plasma nutfah

Plasma nutfah dari kehidupan liar sangat besar manfaatnya, baik bagi perbaikan jenis-jenis satwa komersial maupun untuk memelihara populasi kehidupan liar itu sendiri.

9. Rekreasi dan pariwisata

Hutan bakau memiliki nilai estetika, baik dari faktor alamnya maupun dari kehidupan yang ada di dalamnya.

10. Sarana pendidikan dan penelitian

Upaya pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi membutuhkan laboratorium lapangan yang baik untuk kegiatan penelitian dan pendidikan.

11. Memelihara proses-proses dan sistem alami

Hutan bakau sangat tinggi peranannya dalam mendukung berlangsungnya proses-proses ekologi, geomorfologi, atau geologi di dalamnya.

12. Penyerapan karbon

Proses fotosintesis mengubah karbon anorganik (CO_2) menjadi karbon organik dalam bentuk bahan vegetasi. Pada sebagian besar ekosistem, bahan ini membusuk dan melepaskan karbon kembali ke atmosfer sebagai (CO_2). Akan tetapi, hutan bakau justru mengandung sejumlah besar bahan organik yang tidak membusuk. Karena itu, hutan bakau lebih berfungsi sebagai penyerap karbon dibandingkan dengan sumber karbon.

13. Memelihara iklim mikro

Evapotranspirasi hutan bakau mampu menjaga kelembapan dan curah hujan kawasan tersebut, sehingga keseimbangan iklim mikro terjaga.

14. Mencegah berkembangnya tanah sulfat masam

Keberadaan hutan bakau dapat mencegah teroksidasinya lapisan pirit dan menghalangi berkembangnya kondisi alam.

Dalam tinjauan siklus biomassa, hutan mangrove memberikan masukan unsur hara terhadap ekosistem air, menyediakan tempat berlindung dan tempat asuhan bagi anak-anak ikan, tempat kawin atau pemijahan, dan lain-lain. Sumber makanan utama bagi organisme air di daerah mangrove adalah dalam bentuk partikel bahan organik (detritus) yang dihasilkan dari dekomposisi serasah mangrove (seperti daun, ranting, dan bunga). Selama proses dekomposisi, serasah mangrove berangsur-angsur meningkat kadar proteinnya dan berfungsi sebagai sumber makanan bagi berbagai organisme pemakan deposit, seperti, moluska, kepiting, dan cacing polychaeta.

Konsumen primer ini menjadi makanan bagi konsumen tingkat dua, biasanya didominasi oleh ikan-ikan buas berukuran kecil selanjutnya dimakan oleh juvenil ikan predator besar yang membentuk konsumen tingkat III. Singkatnya, hutan mangrove berperan penting dalam menyediakan habitat bagi aneka ragam jenis-jenis komoditas penting perikanan, baik dalam keseluruhan maupun sebagian dari siklus hidupnya. Jika tanah pasang surut tidak terlalu basah, pohon yang sering tumbuh adalah *Heritiera*, *Lumnitzera*, *Acicras*, dan *Cylocarpus*.



Lumnitzera.

Sumber: wikipedia.org

C. Ekosistem Estuari

Estuari (muara) merupakan tempat bersatunya sungai dengan laut. Estuari sering dipagari oleh lempengan lumpur intertidal yang luas atau rawa garam. Salinitas air berubah secara bertahap mulai dari daerah air tawar ke laut. Salinitas ini juga dipengaruhi oleh siklus harian dengan pasang surut airnya. Nutrien dari sungai memperkaya estuari.

Komunitas tumbuhan yang hidup di estuari antara lain rumput rawa garam, ganggang, dan fitoplankton. Komunitas hewannya antara lain berbagai cacing, kerang, kepiting, dan ikan. Bahkan ada beberapa invertebrata laut dan ikan laut yang menjadikan estuari sebagai tempat kawin atau bermigrasi untuk menuju habitat air tawar. Estuari juga merupakan tempat mencari makan bagi vertebrata semi air, yaitu unggas air.

Estuari adalah suatu perairan semi tertutup yang terdapat di hilir sungai dan masih berhubungan dengan laut, sehingga memungkinkan terjadinya percampuran air laut dan air tawar dari sungai atau drainase yang berasal dari muara sungai, teluk, dan rawa pasang surut.

Bentuk estuari bervariasi dan sangat bergantung pada besar kecilnya air sungai, kisaran pasang surut, dan bentuk garis pantai. Kebanyakan estuari didominasi substrat lumpur yang berasal dari endapan yang dibawa oleh air tawar maupun air laut. Karena partikel yang mengendap kebanyakan bersifat organik, substrat dasar estuari biasanya kaya akan bahan organik. Bahan organik ini menjadi cadangan makanan utama bagi organisme estuari.

Estuari dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

1. Estuari berstratifikasi nyata atau baji garam dicirikan oleh adanya batas yang jelas antara air tawar dan air laut, didapatkan di lokasi dimana aliran air tawar lebih dominan daripada penyusupan air laut.
2. Estuari bercampur sempurna atau estuari *homogen vertical*, pengaruh pasang surut sangat dominan dan kuat sehingga air bercampur sempurna dan tidak membentuk stratifikasi.
3. Estuari berstratifikasi sebagian (moderat), paling umum dijumpai. Aliran air tawar seimbang dengan masuknya air laut bersama arus pasang.



Rumput rawa garam.
Sumber: wordpress.com

Biota estuari terdiri dari hewan dan tumbuhan. Biota hewan antara lain sebagai berikut.

1. Spesies endemik (seluruh hidupnya tinggal di estuari) seperti berbagai macam kerang dan kepiting serta berbagai macam ikan.
2. Spesies yang tinggal di estuari untuk sementara seperti larva, beberapa spesies udang dan ikan yang setelah dewasa berimigrasi ke laut.
3. Spesies ikan yang menggunakan estuari sebagai jalur imigrasi dari laut ke sungai dan sebaliknya seperti sidat dan ikan salmon.

Sementara tumbuhan yang menjadi biota estuari adalah tumbuhan lamun (sea grass), alga makro (sea weeds) yang tumbuh di dasar perairan, dan alga mikro yang hidup sebagai plankton nabati atau hidup melekat pada daun lamun.



Kepiting termasuk spesies endemik di estuari.

Sumber: trobos.com



Ikan salmon menggunakan estuari sebagai jalur imigrasi.

Sumber: photography.nationalgeographic.com



Alga makro.

Sumber: brettsreef.com

Karakteristik dari estuari sebagai berikut.

1. Keterlindungan

Karena estuari merupakan perairan semi tertutup sehingga biota akan terlindung dari gelombang laut yang memungkinkan tumbuh mengakar di dasar estuari dan memungkinkan larva kerang-kerangan menetap di dasar perairan.

2. Kedalaman

Kedalaman estuari relatif dangkal memungkinkan cahaya matahari mencapai dasar perairan. Tumbuhan akuatik dapat berkembang di seluruh dasar perairan karena dangkal memungkinkan penggelontoran (flushing) dengan lebih baik dan cepat serta menangkal masuknya predator dari laut terbuka (tidak suka perairan dangkal).

3. Salinitas air

Air tawar menurunkan salinitas estuari dan mendukung biota yang padat. Aliran yang berlapis juga menguntungkan.

4. Sirkulasi air

Perpaduan antara air tawar dari daratan, pasang surut dan salinitas menciptakan suatu sistem gerakan dan transportasi air yang bermanfaat bagi biota yang hidup tersuspensi dalam air, yaitu plankton.

5. Pasang

Energi estuari merupakan tenaga penggerak yang penting, antara lain mengangkut zat hara dan plankton serta mengencerkan dan menggelontorkan limbah.

6. Penyimpanan dan pendauran zat hara

Kemampuan menyimpan energi, daun pohon mangrove dan lamun serta alga mengkonversi zat hara dan menyimpannya sebagai bahan organik untuk nantinya dimanfaatkan oleh organisme hewani.

Ekosistem estuari merupakan ekosistem yang produktif. Produktivitas hayatinya setaraf dengan produktivitas hayati hutan hujan tropik dan ekosistem terumbu karang. Produktivitas hayati estuari lebih tinggi daripada produktivitas hayati perairan laut dan daripada perairan tawar karena beberapa hal berikut.

1. Estuari berperan sebagai penjebak zat hara.

Jebakan ini bersifat fisik dan biologis. Ekosistem estuari mampu menyuburkan diri sendiri melalui beberapa hal berikut.

- a. Dipertahankannya dan cepat didaur ulangnya zat-zat hara oleh hewan-hewan yang hidup di dasar estuari seperti bermacam-macam kerang dan cacing.
 - b. Produksi detritus, yaitu partikel-partikel serasah daun tumbuhan akuatik makro (makrofiton akuatik) seperti lamun yang kemudian dimakan oleh bermacam ikan dan udang pemakan detritus.
 - c. Pemanfaatan zat hara yang terpendam jauh dalam dasar lewat aktivitas mikroba (organisme renik seperti bakteri), lewat akar tumbuhan yang masuk jauh kedalam dasar estuari, atau lewat aktivitas hewan penggali liang di dasar estuari seperti bermacam-macam cacing.
2. Di daerah tropik estuari memperoleh manfaat besar dan kenyataannya bahwa tumbuh-tumbuhan terdiri dari bermacam tipe yang komposisinya sedemikian rupa sehingga proses fotosintesis terjadi sepanjang tahun. Estuari sering memiliki tiga tipe tumbuhan, yaitu tumbuhan makro (makrofiton) yang hidup di dasar estuari atau hidup melekat pada daun lamun dan mikrofiton yang hidup melayang-layang tersuspensi dalam air (fitoplankton). Proses fotosintesis yang berlangsung sepanjang tahun ini menjamin bahwa tersedia makanan sepanjang tahun bagi hewan akuatik pemakan tumbuhan. Dalam hal ini mereka lebih baik, dinamakan hewan akuatik pemakan detritus karena yang dimakan bukan daun segar melainkan partikel-partikel serasah makrofiton yang dinamakan detritus.
3. Aksi pasang surut (tide) menciptakan suatu ekosistem akuatik yang permukaan airnya berfluktuasi. Pasang umumnya, semakin besar amplitudo pasang surut maka semakin tinggi pula potensi produksi estuari, asalkan arus pasang tidak mengakibatkan pengikisan berat dari tepi estuari. Selain itu, gerak bolak-balik air berupa arus pasang yang mengarah ke daratan dan arus surut yang mengarah ke laut bebas, dapat mengangkut bahan makanan, zat hara, fitoplankton, dan zooplankton.

Secara singkat, peran ekologi estuari yang penting antara lain sebagai berikut.

1. Merupakan sumber zat hara dan bahan organik bagi sebagian estuari yang jauh dari garis pantai maupun yang berdekatan dengannya, lewat sirkulasi pasang surut (tidal circulation).
2. Menyediakan habitat bagi sejumlah spesies ikan yang ekonomis penting sebagai tempat berlindung dan tempat mencari makan (feeding ground).
3. Memenuhi kebutuhan bermacam-macam spesies ikan dan udang yang hidup di lepas pantai, tetapi bermigrasi ke perairan dangkal dan berlindung untuk memproduksi dan/atau sebagai tempat tumbuh besar (nursery ground) anak mereka.
4. Sebagai potensi produksi makanan laut di estuari yang sedikit banyak didiamkan dalam keadaan alami. Kijing yang bernilai komersial (*Rangia euneata*) memproduksi 2.900 kg daging per hektar dan 13.900 kg cangkang per hektar pada perairan tertentu di Texas.

Andaikata 2 kkal per gram berat basah, hasil ini berarti sekitar 580 kkal per meter, atau sebanding dengan hasil ikan dari kolam buatan yang dikelola dan dipupuk paling intensif, tentu saja dengan mengingat bahwa tempat pemeliharaan kijing memerlukan masukan energi dari perairan yang berdekatan. Sebagai tempat budi daya tiram dengan rakit seperti diterapkan di Jepang, dapat meningkatkan lima sampai sepuluh kali dari panen yang diperoleh populasi liar. Sehingga dapat menghasilkan makanan berprotein sebanyak 2.000 kkal per meter setiap tahun.



Estuari dimanfaatkan sebagai tempat budi daya tiram.
Sumber: mediaindonesia.com

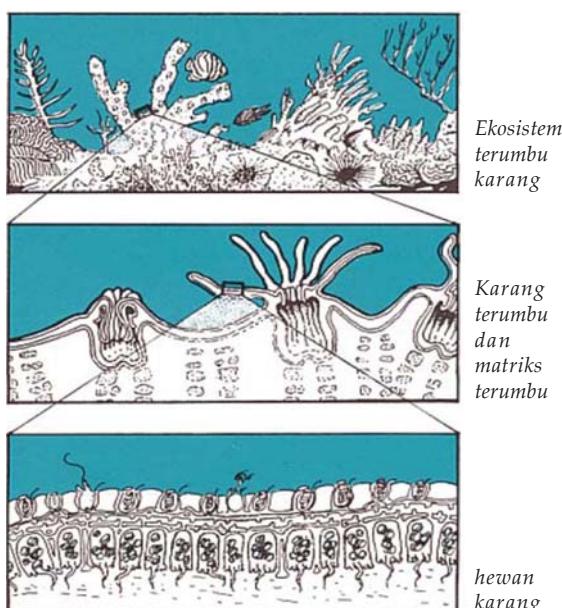
D. Ekosistem Terumbu Karang

Di laut tropis, pada daerah neritik, terdapat suatu komunitas yang khusus yang terdiri dari karang batu dan organisme-organisme lainnya. Komunitas ini disebut terumbu karang. Daerah komunitas ini masih dapat ditembus cahaya matahari sehingga fotosintesis dapat berlangsung.

Terumbu karang didominasi oleh karang (koral) yang merupakan kelompok *Cnidaria* yang menyekresikan kalsium karbonat. Rangka dari kalsium karbonat ini bermacam-macam bentuknya dan menyusun substrat tempat hidup karang lain dan ganggang.

Hewan-hewan yang hidup di karang memakan organisme mikroskopis dan sisa organik lain. Berbagai invertebrata, mikroorganisme, dan ikan, hidup di antara karang dan ganggang. Herbivora seperti siput, landak laut, ikan, menjadi mangsa bagi gurita, bintang laut, dan ikan karnivora.

Terumbu karang adalah ekosistem yang unik di antara ekosistem yang lainnya karena ekosistem ini tersusun dari deposit kapur kalsium karbonat (CaCO_3) yang sebagian besar dibentuk oleh karang sehingga faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan karang juga memengaruhi keberadaan ekosistem.



Struktur terumbu karang
Sumber: wordpress.com

Terumbu karang hanya terdapat di laut tropik. Penghasil utama kalsium karbonat ini adalah karang pembentuk terumbu karang yaitu karang hermatipik (*stony/hard corals*). Suatu hewan invertebrata yang termasuk filum *Cnidaria*, kelas *Anthozoa*, ordo *Scelerectina* yang mirip dengan ubur-ubur, dengan sedikit penambahan deposit kalsium karbonat, dan jenis mikro alga atau ganggang laut yang bersimbiosis dengan karang.

Karang memiliki tentakel yang mengelilingi mulut dan dalam tentakel terdapat sel penyengat (nematokis) yang berfungsi untuk melumpuhkan mangsanya. Dengan tentakel tersebut individu karang dinamakan polip karang. Warna tentakel karang keras secara umum tidak berwarna atau bening seperti ubur-ubur. Namun, ada pula beberapa yang berwarna cokelat muda. Polip karang keras umumnya hidup berkoloni. Dan mereka menyatukan rangka kapur satu dengan yang lainnya, sehingga dari luar mereka terlihat seperti batu kapur.

Kelompok karang lainnya yang terdapat di terumbu karang adalah kelompok karang lunak, kelompok anemon, dan kelompok kipas laut. Dengan adanya kelompok-kelompok karang maka terbentuklah suatu hamparan terumbu karang di mana di dalamnya terdapat beberapa tumbuhan dan berbagai hewan laut lainnya.

Polip karang bersimbiosis dengan alga bersel tunggal (monoseluler), yang terdapat dalam jaringan endoderm karang. Alga ini termasuk dalam *Dinoplage-lata* marga *Symbiodinium* yang mempunyai klorofil untuk proses fotosintesis. Alga ini dapat disebut sebagai *Zooxantellae*.



Koloni terumbu karang.
Sumber: primaironline.com

Zooxantellae mendapatkan keuntungan karena ia mendapat tempat tinggal yang aman di dalam tubuh si polip karang keras. Sementara polip karang keras mendapatkan keuntungan karena mendapatkan makanan dari hasil fotosintesis alga yaitu oksigen dan energi.

Hasil metabolisme makanan dari karang diambil *Zooxantellae* untuk proses fotosintesis dengan bantuan sinar matahari, kemudian hasilnya dimanfaatkan polip karang. Dengan demikian, keduanya saling ketergantungan dan tidak dapat bertahan hidup tanpa ada salah satunya.

Zooxantellae adalah salah satu penyusun karang yang paling penting. Tanpa peran *Zooxantellae* terumbu karang tidak akan terbentuk karena polip karang keras tidak akan dapat hidup tanpa *Zooxantellae*.

Supaya karang dapat berkembang dengan baik diperlukan suatu syarat. Syarat-syarat tersebut di antaranya adalah perairan bersih, bebas sedimen dan polusi, perairan yang masih dapat tembus cahaya, ada beni (*planula*), adanya arus, ada substrat untuk menempel, kekeruhan dan pencerahan, ada gelombang, suhu atau temperatur (suhu yang paling baik adalah 18 – 40 pada suhu yang optimal adalah 23–25), kedalaman air antara 1-50 meter kedalaman optimalnya 25 meter secara vertikal dan horizontal, dan salinitas antara 30-36 %.

Terdapat tiga tipe terumbu karang, yaitu terumbu karang tepi (*fringing reef/shore reef*), terumbu karang penghalang (*barrier reef*), dan terumbu karang cincin atau atoi.

1. Terumbu karang tepi dan terumbu karang penghalang berkembang sepanjang pantai. Perbedaannya adalah bahwa terumbu karang penghalang terdapat lebih jauh dari daratan dan terdapat di perairan yang lebih dalam dibandingkan dengan terumbu karang tepi. Karenanya kedua tipe ini sering dikelompokkan. Di Asia Tenggara termasuk Indonesia terumbu karang tepi merupakan tipe yang paling umum didapatkan.
2. Terumbu karang cincin atau atoi merupakan terumbu karang yang berbentuk cincin yang muncul dari perairan dalam dan jauh dari daratan.

Proses perkembangbiakan terumbu karang dapat terjadi secara aseksual dan seksual.

1. Perkembangbiakan secara Aseksual

Polip karang keras dapat berkembang biak secara aseksual, yakni tanpa peleburan sel sperma dan sel telur. Mereka dapat berkembang biak antara lain dengan cara membelah diri, bertunas, dan fragmentasi. Membelah diri berarti dari satu polip karang kemudian membentuk kembarannya dan menjadi dua polip karang, demikian seterusnya sehingga terbentuk koloni

karang. Bertunas yakni dari satu polip karang keras kemudian muncul polip karang baru seperti pada tunas pepohonan. Secara fragmentasi yakni dengan terlepasnya salah satu dari bagian polip karang keras berikut rangkanya. Jika kondisi alam menguntungkan maka bagian yang terlepas itu kemudian hidup menempel dan membentuk koloni baru.

2. Perkembangbiakan secara Seksual

Satu polip karang keras dapat mengeluarkan sel telur ke air, dan polip karang keras yang lain dapat melepaskan sel sperma ke air. Di dalam air sel telur dan sel sperma itu akan melebur menjadi satu dan membentuk larva (planula), yakni calon atau benih polip karang keras yang baru. Setelah menjalani hidup seperti plankton selama 1 bulan, larva karang keras akan menuju dasar laut dan mencari substrat untuk menempel. Tempat keras atau substrat yang dicari pada umumnya adalah timbunan kapur atau bekas rangka kapur dari suatu koloni karang yang telah mati.

Setelah larva karang keras menempel, ia akan berubah menjadi satu polip karang keras. Kemudian dari satu polip karang keras ini ia kembali berkembang biak secara membelah diri dan bertunas sehingga terbentuklah koloni karang keras yang baru.

Terumbu karang memiliki peranan yang sangat penting bagi kehidupan. Peran tersebut antara lain sebagai berikut.

1. Terumbu karang penghalang melindungi pantai dari hampasan ombak, mencegah terjadinya erosi pantai, dan kerusakan lain yang diakibatkan oleh aksi gelombang.
2. Terumbu karang menyediakan tempat tinggal, tempat mencari makan (*feeding ground*), tempat pengasuhan (*nusery ground*), dan tempat pemijahan



Terumbu karang terbentuk melalui perkembangan secara seksual dan aseksual.

Sumber: wordpress.com

(spawning ground) bukan saja bagi biota laut yang hidup di terumbu karang tetapi juga bagi biota laut yang hidup di perairan sekitarnya.

3. Sebagai sumber makanan dan mata pencaharian nelayan.
4. Sumber bahan dasar untuk obat-obatan dan kosmetik seperti dari beberapa jenis alga atau rumput laut.
5. Sebagai objek wisata dan sebagai sarana rekreasi masyarakat.
6. Sebagai sumber bibit budi daya dan menunjang kegiatan pendidikan dan penelitian.

Berbagai sumber terumbu karang dapat dimanfaatkan secara langsung maupun tidak langsung oleh manusia. Usaha penangkapan ikan, udang, teripang, dan penyu merupakan salah satu bentuk pemanfaatan langsung.

Jenis pemanfaatan langsung lain yang terdapat di Indonesia adalah penambangan karang batu sebagai bahan konstruksi dan bahan baku pembuatan kapur. Penambangan karang batu dapat menimbulkan kerusakan fisik pada terumbu, sehingga terumbu karang tidak lagi berfungsi baik sebagai penahan hembusan ombak. Akibatnya, timbul erosi pantai di daratan yang berhadapan dengan terumbu dan kerusakan fisik pada struktur yang terdapat di pantai.

E. Ekosistem Padang Lamun

Tumbuhan lamun merupakan satu-satunya tumbuhan berbunga dan berpembuluh (vascular plant) yang sudah sepenuhnya menyesuaikan diri hidup terbenam di dalam air laut. Tumbuhan lamun jelas memiliki akar, batang, daun, buah, dan biji. Lamun termasuk dalam kelas *Monocotyledoneae*, anak kelas *Alismatidae* sukunya *Hydrocharitaceae* dengan contoh jenis *Syringodium isoetifolium*. Tumbuhan ini mempunyai beberapa sifat yang memungkinkan hidup di lingkungan laut, yaitu:

1. mampu hidup di media air asin,
2. mampu berfungsi normal dalam keadaan terbenam,
3. mempunyai sistem perakaran jangkar yang berkembang baik,
4. mampu melaksanakan penyerbukan dan daur generatif dalam keadaan terbenam.

Lamun memiliki perbedaan yang nyata dengan tumbuhan yang hidup terbenam dalam laut lainnya, seperti makro alga atau rumput laut (sea weeds). *Sea weed* termasuk dalam divisi *Thallophys* (tumbuh-tumbuhan berthalus), warna menjadi ciri khas tumbuhan ini, sifat khas divisi ini adalah antara akar, batang, dan daun belum dapat dibedakan.



Perbedaan lamun dengan alga (agar-agar).

Sumber: photobucket.com

Lamun tumbuh subur terutama di daerah terbuka pasang surut dan perairan pantai yang dasarnya berupa lumpur, pasir, kerikil, dan patahan karang mati, dengan kedalaman 4 meter dalam perairan yang sangat jernih. Beberapa jenis lamun bahkan ditemukan tumbuh sampai 8-15 meter dan 40 meter.

Tempat yang banyak ditumbuhi lamun membentuk suatu ekosistem yang dinamakan padang lamun. Padang lamun adalah suatu hamparan ekosistem yang sebagian besar terdiri dari tumbuhan lamun dan dihuni oleh berbagai jenis biota laut seperti bintang laut, teripang, rumput laut (ganggang laut), dan berbagai jenis ikan.

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa semakin lebat padang lamun maka keanekaragaman dan kelimpahan spesies ikan akan meningkat. Padang lamun dapat berbentuk vegetasi tunggal yang tersusun atas satu jenis lamun yang membentuk padang lebat (monospesifik) dan dapat juga membentuk vegetasi campuran yang terdiri dari 2-12 jenis lamun yang tumbuh bersama-sama pada satu substrat. Pada spesies lamun yang



Thalassia hemprichii.

Sumber: web.ipb.ac.id

biasanya tumbuh dengan vegetasi tunggal adalah *Thalassia hemprichii*, *Enhalus acroides*, *Halo-
phila ovalis*, *Halodule universis*, *Chymodocea serrulata*, dan *Thalassodendron ciliatum*.

Faktor lingkungan yang memengaruhi distribusi dan pertumbuhan lamun adalah kecerahan, temperatur, salinitas, substrat, dan kecepatan arus perairan.

1. Kecerahan

Lamun membutuhkan intensitas cahaya yang tinggi untuk melaksanakan proses fotosintesis. Hal ini terbukti dengan hasil observasi yang menunjukkan bahwa distribusi lamun hanya terbatas pada perairan yang tidak terlalu dalam.

2. Temperatur

Kisaran suhu optimal bagi lamun adalah 28-30⁰C. Kemampuan proses fotosintesis akan menurun dengan tajam apabila temperatur perairan berada di luar kisaran optimal tersebut.

3. Salinitas

Spesies lamun memiliki kemampuan toleransi yang berbeda terhadap salinitas, namun sebagian besar memiliki kisaran yang lebar yaitu 10-40%. Nilai salinitas optimum untuk lamun adalah 35%. Salah satu faktor yang menyebabkan kerusakan ekosistem padang lamun adalah meningkatnya salinitas yang diakibatkan oleh berkurangnya suplai air tawar dari sungai.

4. Substrat

Padang lamun hidup pada berbagai macam tipe substrat, mulai dari lumpur sampai sedimen dasar yang terdiri dari endapan lumpur halus sebesar 40%. Kedalaman substrat berperan dalam menjaga stabilitas sedimen yang mencakup 2 hal, yaitu pelindung tanaman dari arus air laut dan tempat pengolahan serta pemasok nutrien.

5. Kecepatan Arus Perairan

Produktivitas padang lamun juga dipengaruhi oleh kecepatan arus perairan. Pada saat kecepatan arus sekitar 0,5 m/detik, jenis *Thallassia testudinum* mempunyai kemampuan maksimal untuk tumbuh.

Reproduksi lamun dapat dilakukan secara aseksual dan seksual. Secara aseksual dengan membentuk stolon, sementara secara seksual dengan *hydropophilus*, plennya tersebar di badan air dan *epihidrophyly* polennya berada di permukaan air.

Padang lamun merupakan habitat bagi beberapa organisme laut. Hewan yang hidup pada padang lamun ada berbagai penghuni tetap ada pula yang bersifat sebagai pengunjung. Hewan yang datang sebagai pengunjung biasanya untuk memijah atau mengasuh anaknya seperti ikan. Selain itu, ada pula hewan yang datang mencari makan seperti sapi laut (dugong-dugong) dan penyu (turtle) yang makan lamun *Syringodium isoetifolium* dan *Thallassia hemprichii*.



Sapi laut yang sedang makan lamun.
Sumber: itsnature.org

Di daerah padang lamun, organisme melimpah, karena lamun digunakan sebagai perlindungan dan persembunyian dari predator dan kecepatan arus yang tinggi dan juga sebagai sumber bahan makanan baik daunnya maupun epifit atau detritus. Jenis-jenis *Polychaeta* dan hewan-hewan nekton juga banyak didapatkan pada padang lamun. Lamun juga

merupakan komunitas yang sangat produktif sehingga jenis-jenis ikan dan fauna invertebrata melimpah di perairan ini. Lamun juga memproduksi sejumlah besar bahan-bahan organik sebagai substrat untuk alga, epifit, mikroflora, dan fauna.

Pada padang lamun ini hidup berbagai macam spesies hewan yang berasosiasi dengan padang lamun. Di perairan Pabama dilaporkan 96 spesies hewan yang berasosiasi dengan beberapa jenis ikan. Di Teluk Ambon di temukan 48 famili dan 108 jenis ikan adalah sebagai penghuni lamun, sementara di Kepulauan Seribu sebelah utara Jakarta ditemukan 78 jenis ikan yang berasosiasi dengan padang lamun. Selain ikan, sapi laut dan penyu serta banyak hewan invertebrata yang berasosiasi dengan padang lamun, seperti *Pinna sp*, beberapa *Gastropoda*, *Lambis*, *Strombus*, teripang, bintang laut, beberapa jenis cacing laut, dan udang (*Peneus doratum*) yang ditemukan di Florida Selatan.



Bintang laut.
Sumber: chip.co.id

Apabila air sedang surut rendah sekali atau surut purnama, sebagian padang lamun akan tersumbul keluar dari air terutama bila komponen utamanya adalah *Enhalus acoroides*, sehingga burung-burung berdatangan mencari makan di padang lamun ini.

Menurut Azkab, ekosistem lamun merupakan salah satu ekosistem di laut dangkal yang paling produktif. Di samping itu, ekosistem lamun mempunyai peranan penting dalam menunjang kehidupan dan perkembangan jasad hidup di laut dangkal. Menurut hasil penelitian diketahui bahwa peranan lamun di lingkungan perairan laut dangkal sebagai berikut.

1. Sebagai Produsen Primer

Lamun mempunyai tingkat produktivitas primer tertinggi bila dibandingkan dengan ekosistem lainnya yang ada di laut dangkal seperti ekosistem terumbu karang.

2. Sebagai Habitat Biota

Lamun memberikan tempat perlindungan dan tempat menempel berbagai hewan dan tumbuh-tumbuhan (alga). Di samping itu, padang lamun (seagrass beds) dapat juga sebagai daerah asuhan, padang penggembalaan dan makan dari berbagai jenis ikan herbivora dan ikan-ikan karang (coral fishes).

3. Sebagai Penangkap Sedimen

Daun lamun yang lebat akan memperlambat air yang disebabkan oleh arus dan ombak, sehingga perairan di sekitarnya menjadi tenang. Di samping itu, rimpang dan akar lamun dapat menahan dan mengikat sedimen, sehingga dapat menguatkan dan menstabilkan dasar permukaan. Jadi, padang lamun yang berfungsi sebagai penangkap sedimen dapat mencegah erosi.

4. Sebagai Pendaur Zat Hara

Lamun memegang peranan penting dalam pendauran berbagai zat hara dan elemen-elemen yang langka di lingkungan laut. Khususnya zat-zat hara yang dibutuhkan oleh alga epifit.

Sementara menurut Philips & Menez, ekosistem lamun merupakan salah satu ekosistem bahari yang produktif. Ekosistem lamun perairan dangkal mempunyai fungsi antara lain sebagai berikut.

1. Menstabilkan dan menahan sedimen-sedimen yang dibawa melalui tekanan-tekanan dari arus dan gelombang.
2. Daun-daun memperlambat dan mengurangi arus dan gelombang serta mengembangkan sedimentasi.
3. Memberikan perlindungan terhadap hewan-hewan muda dan dewasa yang berkunjung ke padang lamun.
4. Daun-daun sangat membantu organisme-organisme epifit.
5. Mempunyai produktivitas dan pertumbuhan yang tinggi.
6. Memfiksasi karbon yang sebagian besar masuk ke dalam sistem daur rantai makanan.

Selanjutnya, dikatakan Philips & Menez, lamun juga sebagai komoditas yang sudah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat baik secara tradisional maupun secara modern. Secara tradisional lamun telah dimanfaatkan untuk kompos dan pupuk, cerutu dan mainan anak-anak, dianyam menjadi keranjang, tumpukan untuk pematang, mengisi kasur, ada yang dimakan, dan dibuat jaring ikan.

Pada zaman modern ini, lamun telah dimanfaatkan untuk penyaring limbah, stabilisator pantai, bahan untuk pabrik kertas, makanan, obat-obatan, dan sumber bahan kimia.

Lamun kadang-kadang membentuk suatu komunitas yang merupakan habitat bagi berbagai jenis hewan laut. Komunitas lamun ini juga dapat memperlambat gerakan air. Bahkan ada jenis lamun yang dapat dikonsumsi bagi penduduk sekitar pantai. Keberadaan ekosistem padang lamun masih belum banyak dikenal baik pada kalangan akademisi maupun masyarakat umum, jika dibandingkan dengan ekosistem lain seperti ekosistem terumbu karang dan ekosistem mangrove, meskipun di antara ekosistem tersebut di kawasan pesisir merupakan satu kesatuan sistem dalam menjalankan fungsi ekologisnya. Ekosistem padang lamun memiliki atribut ekologi yang penting yang berhubungan dengan sifat fisika, kimia, dan proses biologi antar-ekosistem di wilayah pesisir dan proses keterkaitan ketiga ekosistem ini.

Kerusakan yang terjadi pada padang lamun dapat disebabkan oleh natural stres dan anthropogenik stres. Natural stres dapat disebabkan gunung meletus, tsunami, kompetisi, dan predasi. Sementara anthropogenik stres dapat disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut.

1. Perubahan fungsi pantai untuk pelabuhan atau dermaga.
2. *Eutrofikasi* (blooming mikro alga dapat menutupi lamun dalam memperoleh sinar matahari).
3. *Aquakultur* (pembabatan dari hutan mangrove untuk memupuk tambak).
4. *Water pollution* (logam berat dan minyak).
5. *Over fishing* (pengambilan ikan yang berlebihan dan cara penangkapannya yang merusak).



Bab 4

Pencemaran terhadap Ekosistem Perairan dan Penanggulangannya

Makhluk yang hidup dalam air antara lain bermacam-macam ikan, buaya, penyu, katak, mikroorganisme, ganggang, tanaman air, dan lumut. Kesemuanya termasuk dalam kehidupan akuatik. Apabila sumber air tempat kehidupan akuatik tercemar maka siklus makanan dalam air terganggu dan ekosistem air atau kehidupan akuatik akan terganggu pula. Misalnya organisme yang kecil atau lemah seperti plankton banyak yang mati karena banyak keracunan bahan tercemar, ikan-ikan kecil pemakan plankton banyak yang mati karena kekurangan makanan, demikian



Banyak ikan mati di air akibat terjadinya pencemaran.
Sumber: jonco48.com

pula ikan-ikan yang lebih besar pemakan ikan-ikan kecil bila kekurangan makanan akan mati.

Kehidupan akuatik dapat terganggu karena beberapa hal berikut.

1. Perairan kekurangan kadar oksigen atau sinar matahari yang disebabkan air menjadi keruh oleh pencemaran tanah atau lumpur.
2. Permukaan perairan tertutup oleh lapisan bahan pencemar minyak atau busa detergen, sehingga sinar matahari dan oksigen yang diperlukan untuk kehidupan akuatik tidak dapat menembus permukaan air masuk ke dalam air.
3. Berkurang atau habisnya kadar oksigen dalam proses pengairan bahan pencemar senyawa organik.
4. Permukaan air tertutup oleh tanaman air, seperti eceng gondok sebagai bahan pencemar yang tumbuh subur oleh adanya bahan pencemar berupa makanan penyubur tanaman seperti senyawa-senyawa fosfat dan nitrat.
5. Peningkatan suhu air karena adanya bahan pencemar panas dari industri-industri yang menggunakan air sebagai pendingin, atau sebagai air bangunan dari pembangkit tenaga listrik.



Eceng gondok yang menutup permukaan air.
Sumber: lagiwae.blog.friendster.com

A. Sumber-Sumber Pencemaran Air

Pencemaran air akibat kegiatan manusia tidak hanya disebabkan oleh limbah rumah tangga, tetapi juga oleh limbah pertanian dan limbah industri. Semakin meningkatnya perkembangan industri dan pertanian saat ini, ternyata semakin memperparah tingkat pencemaran air. Pencemaran itu disebabkan oleh hasil buangan dari kegiatan tersebut.

Pencemaran air pada dasarnya terjadi karena air limbah langsung dibuang ke badan air ataupun ke tanah tanpa mengalami proses pengolahan terlebih dulu, atau proses pengolahan yang dilakukan belum memadai.

Pengolahan limbah bertujuan memperkecil tingkat pencemaran yang ada agar tidak membahayakan lingkungan hidup. Sumber-sumber pencemaran air meliputi hal-hal sebagai berikut.

1. Limbah Rumah Tangga

Limbah rumah tangga merupakan pencemar air terbesar selain limbah-limbah industri, pertanian dan bahan pencemar lainnya. Limbah rumah tangga akan mencemari selokan, sumur, sungai, dan lingkungan sekitarnya. Semakin besar populasi manusia, semakin tinggi tingkat pencemarannya.

Limbah rumah tangga dapat berupa padatan (kertas, plastik, dan lain-lain) maupun cairan (air cucian, minyak goreng bekas, dan lain-lain). Di antara limbah tersebut ada yang mudah terurai yaitu sampah organik dan ada pula yang tidak dapat terurai. Limbah rumah tangga ada juga yang memiliki daya racun tinggi, misalnya sisa obat, baterai bekas, dan air aki. Limbah-limbah tersebut tergolong bahan berbahaya dan beracun (B3). Tinja, air cucian, limbah kamar mandi dapat mengandung bibit-bibit penyakit atau pencemar biologis (seperti bakteri, jamur, virus, dan sebagainya) yang akan mengikuti aliran air.



Saluran air dari kamar mandi menuju sungai.

Sumber: blogspot.com

2. Limbah Lalu Lintas

Limbah lalu lintas berupa tumpahan oli, minyak tanah, dan tumpahan minyak dari kapal tangker. Tumpahan minyak akibat kecelakaan mobil-mobil tangki minyak dapat mengotori air tanah. Selain terjadi di darat,

pencemaran lalu lintas juga sering terjadi di lautan. Semuanya sangat berbahaya bagi kehidupan.

3. Limbah Pertanian

Limbah pertanian berupa sisa, tumpahan ataupun penyemprotan yang berlebihan misalnya dari pestisida dan herbisida. Begitu juga pemupukan yang berlebihan. Limbah pestisida dan herbisida mempunyai sifat kimia yang stabil, yaitu tidak terurai di alam sehingga zat tersebut akan mengendap di dalam tanah, dasar sungai, danau serta laut dan selanjutnya akan memengaruhi organisme-organisme yang hidup di dalamnya. Pada pemakaian pupuk buatan yang berlebihan akan menyebabkan eutrofikasi pada badan air atau perairan terbuka.



Limbah pertanian berasal dari pestisida dan herbisida.

Sumber: cabiklunik.blogspot.com

B. Penanggulangan Pencemaran Air

Penanggulangan pencemaran air dapat dilakukan melalui perubahan perilaku masyarakat dan pembuatan kolam/bak pengolahan limbah cair.

1. Perubahan Perilaku Masyarakat

Secara alami, ekosistem air dapat melakukan "rehabilitasi" apabila terjadi pencemaran terhadap badan air. Kemampuan ini ada batasnya. Oleh karena itu, perlu diupayakan untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran air. Untuk mengatasi pencemaran air dapat dilakukan usaha preventif, misalnya dengan tidak membuang sampah dan limbah industri ke sungai. Kebiasaan membuang sampah ke sungai dan di sembarang tempat hendaknya diberantas dengan memberlakukan peraturan-peraturan yang diterapkan di lingkungan masing-masing secara konsekuensi. Sampah-sampah

hendaknya dibuang pada tempat yang telah ditentukan.

Masyarakat di sekitar sungai perlu merubah perilaku tentang pemanfaatan sungai agar sungai tidak lagi dipergunakan sebagai tempat pembuangan sampah dan tempat mandi-cuci-kakus (MCK). Peraturan pembuangan limbah industri hendaknya dipantau pelaksanaannya dan pelanggaranya dijatuhi hukuman. Limbah industri hendaknya diproses dahulu dengan teknik pengolahan limbah, dan setelah memenuhi syarat baku mutu air buangan baru dapat dialirkan ke selokan-selokan atau sungai. Dengan demikian akan tercipta sungai yang bersih dan memiliki fungsi ekologis.



Sampah yang menumpuk di sungai.

Sumber: beritajakarta.com

Tindakan yang perlu dilakukan oleh masyarakat adalah sebagai berikut.

- a. Tidak membuang sampah atau limbah cair ke sungai, danau, laut, dan lain-lain.
- b. Tidak menggunakan sungai atau danau untuk tempat mencuci truk, mobil, dan sepeda motor.
- c. Tidak menggunakan sungai atau danau untuk wahana memandikan ternak dan sebagai tempat kakus.
- d. Tidak minum air dari sungai, danau atau sumur tanpa dimasak dahulu.

2. Pembuatan Kolam Pengolah Limbah Cair

Saat ini mulai digalakan pembuatan WC umum yang dilengkapi *septic tank* di daerah atau lingkungan yang rata-rata penduduknya tidak memiliki WC. Setiap sepuluh rumah disediakan satu WC umum. Upaya demikian sangat bersahabat dengan lingkungan, murah dan sehat karena dapat menghindari pencemaran air sumur atau air tanah.

Selain itu, sudah saatnya diupayakan pembuatan kolam pengolahan air buangan (air cucian, air kamar mandi, dan lain-lain) secara kolektif, agar limbah tersebut tidak langsung dialirkan ke selokan atau sungai.

Untuk limbah industri dilakukan dengan mengalirkan air yang tercemar ke dalam beberapa kolam kemudian dibersihkan, baik secara mekanis (pengadukan), kimiawi (diberi zat kimia tertentu) maupun biologis (diberi bakteri, ganggang atau tumbuhan air lainnya). Pada kolam terakhir dipelihara ikan untuk menguji kebersihan air dari polutan yang berbahaya. Reaksi ikan terhadap kemungkinan pengaruh polutan diteliti. Dengan demikian air yang boleh dialirkan keluar (selokan, sungai, dan lain-lain) hanyalah air yang tidak tercemar.

Salah satu contoh tahap-tahap proses pengolahan air buangan adalah sebagai berikut.

- a. Proses penanganan primer, yaitu memisahkan air buangan dari bahan-bahan padatan yang mengendap atau mengapung.
- b. Proses penanganan sekunder, yaitu proses dekomposisi bahan-bahan padatan secara biologis.
- c. Proses pengendapan tersier, yaitu menghilangkan komponen-komponen fosfor dan padatan tersuspensi, terlarut atau berwarna dan bau.

Untuk itu dapat menggunakan beberapa metode bergantung pada komponen yang ingin dihilangkan.

- a. Pengendapan, yaitu cara kimia penambahan kapur atau metal hidroksida untuk mengendapkan fosfor.
- b. Adsorbsi, yaitu menghilangkan bahan-bahan organik terlarut, berwarna atau bau.
- c. Elektrodialisis, yaitu menurunkan konsentrasi garam-garam terlarut dengan menggunakan tenaga listrik.
- d. Osmosis, yaitu mengurangi kandungan garam-garam organik maupun mineral dari air.
- e. Klorinasi, yaitu menghilangkan organisme penyebab penyakit.

Tahapan proses pengolahan air buangan tidak selalu dilakukan seperti di atas, tetapi bergantung pada jenis limbah yang dihasilkan. Hasil akhir berupa air tak tercemar yang siap dialirkan ke badan air dan lumpur yang siap dikelola lebih lanjut.

Glosarium

akuarium	: bak kaca (biasanya diberi tanaman air dan sebagainya) tempat memelihara ikan hias
dekomposer	: beberapa jenis organisme (seperti beberapa macam bakteri dan jamur) yang memecah kembali menjadi unsur atau zat organik dalam rangka daur ekologi dengan hidup dari atau merusak protoplasma yang mati
geomorfologi	: ilmu tentang bentuk permukaan bumi masa kini dan proses yang mengakibatkan bentuk itu
individu	: organisme yang hidupnya berdiri sendiri, secara fisiologi ia bersifat bebas (tidak mempunyai hubungan organik dengan sesamanya)
intrusi	: perembesan air laut dan sebagainya ke dalam lapisan tanah sehingga terjadi percampuran air laut dengan air tanah
mikroorganisme	: makhluk hidup sederhana yang terbentuk dari satu atau beberapa sel yang hanya dapat dilihat dengan mikroskop, berupa tumbuhan atau hewan yang biasanya hidup secara parasit atau saprofit, misalnya bakteri, kapang, ameba
osmosis	: percampuran dua macam cairan melalui dinding sel atau selaput (yang banyak porinya)
plasma nutfah	: substansi yang mengatur perilaku kehidupan makhluk secara turun-temurun sehingga populasi mempunyai sifat yang membedakannya dari populasi lain, umumnya terdapat dalam sekumpulan individu yang menyebar secara acak dalam populasi tersebut
produktivitas	: kemampuan untuk menghasilkan sesuatu
siklus	: putaran waktu yang di dalamnya terdapat rangkaian kejadian yang berulang-ulang secara tetap dan teratur
termistor	: zat yang daya hantar listriknya akan meningkat dengan naiknya suhu
waduk	: kolam besar tempat menyimpan air sediaan untuk berbagai kebutuhan atau mengatur pembagian air dan sebagainya (dipakai di musim kemarau)

Daftar Pustaka

- Anonim. 2004. *Ensiklopedia Nasional Indonesia*. Jakarta: Delta Pamungkas.
- Tim Sainducatioan. 2008. *Ensiklopedia Seri Ekosistem Dunia*. Semarang: Aneka Ilmu.
- Tim Sains Biologi. 2004. *Sains Biologi I untuk SMP Kelas VII*. Semarang: Aneka Ilmu.
- Winarsih, Sri. 2008. *Seri Sains Air*. Semarang: PT Bengawan Ilmu.
- Yanuar, A. 2008. *Ekosistem*. Semarang: PT Bengawan Ilmu.
- <http://www.hukum.jogja.go.id>
- <http://www.airminumisiulang.com>
- <http://www.wikipedia.org>

Daftar Pustaka

- Anonim. 2004. *Ensiklopedia Nasional Indonesia*. Jakarta: Delta Pamungkas.
- Tim Sainducatioan. 2008. *Ensiklopedia Seri Ekosistem Dunia*. Semarang: Aneka Ilmu.
- Tim Sains Biologi. 2004. *Sains Biologi I untuk SMP Kelas VII*. Semarang: Aneka Ilmu.
- Winarsih, Sri. 2008. *Seri Sains Air*. Semarang: PT Bengawan Ilmu.
- Yanuar, A. 2008. *Ekosistem*. Semarang: PT Bengawan Ilmu.
- <http://www.hukum.jogja.go.id>
- <http://www.airminumisiulang.com>
- <http://www.wikipedia.org>