



KELAS 10

BIOLOGI

Menjelajahi Kehidupan di Sekitar Kita:

Buku Pegangan Biologi untuk Siswa Kelas 10

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas terbitnya e-book Biologi ini yang merupakan bagian dari upaya menghadirkan pembelajaran yang lebih mudah diakses oleh seluruh pelajar Indonesia. Biologi adalah mata pelajaran yang mempelajari makhluk hidup dan lingkungannya, mulai dari struktur tubuh, fungsi organ, hingga ekosistem dan keanekaragaman hayati, yang bermanfaat dalam membangun kepedulian terhadap kehidupan dan kelestarian lingkungan.

E-book ini disusun berdasarkan Capaian Pembelajaran Biologi Fase E (sesuai dengan Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 008/H/KR/2022 Tentang Capaian Pembelajaran Pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah Pada Kurikulum Merdeka). Konten e-book ini dirancang agar peserta didik dapat memahami materi Biologi secara komprehensif, mengasah keterampilan berpikir kritis, serta menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari. Selain materi utama, e-book ini juga dilengkapi dengan latihan soal, pembahasan, serta tautan ke sumber belajar tambahan seperti video pembelajaran interaktif.

E-book ini merupakan bagian dari platform [Fitri](#), sebuah platform pembelajaran digital yang menyediakan akses gratis ke berbagai materi belajar, termasuk e-book, latihan soal, dan video pembelajaran interaktif untuk seluruh anak Indonesia. Fitri hadir sebagai wujud kontribusi nyata dalam mendukung pemerataan akses pendidikan berkualitas di Indonesia. Dengan semangat gotong royong dan inklusi, Fitri berkomitmen untuk membantu seluruh siswa, di mana pun berada, agar dapat belajar secara mandiri, efektif, dan menyenangkan. Hal ini selaras dengan tujuan besar pendidikan Indonesia, yaitu mewujudkan generasi yang cerdas, berkarakter, dan siap menghadapi tantangan zaman.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung tersedianya e-book ini. Semoga kehadiran e-book Biologi ini dapat memberikan manfaat nyata dalam proses belajar peserta didik dan turut berkontribusi dalam meningkatkan literasi bangsa.

Jakarta, Juni 2025

Tim Fitri

Daftar Isi

BAB 1: KEANEKARAGAMAN HAYATI.....	5
1. Tingkat Keanekaragaman Hayati.....	7
2. Jenis-Jenis Ekosistem.....	12
3. Keanekaragaman Hayati di Nusantara.....	20
4. Terancamnya Keanekaragaman Hayati.....	29
5. Strategi Pelestarian Keanekaragaman Hayati.....	34
6. Klasifikasi Makhluk Hidup.....	38
Rangkuman	49
Latihan Soal	50
Referensi.....	52
BAB 2: VIRUS.....	53
1. Awal Mula Penemuan Virus	55
2. Karakteristik Tubuh Virus.....	57
3. Cara Virus Bertahan Hidup dan Memperbanyak Diri	65
4. Klasifikasi Virus	70
5. Peran-Peran Virus dalam Kehidupan.....	73
6. Pandemi COVID-19, Pengaruhnya, dan Tindak Lanjut yang Diperlukan.....	80
7. Pencegahan Dan Pengobatan Infeksi Virus	84
8. Pembiasaan Virus.....	90
9. Viroid Dan Prion.....	93
Rangkuman	96
Latihan Soal	97
Referensi.....	99
BAB 3: INOVASI BIOTEKNOLOGI.....	100
1. Definisi Bioteknologi	102
2. Perbedaan Bioteknologi Konvensional dan Modern.....	103
3. Penerapan Mikroorganisme pada Bidang Bioteknologi	106
4. Teknik Kultur Jaringan dalam Pengembangbiakan Tanaman	119
5. Teknik Kloning Pada Spesies Hewan	124
6. Rekayasa Genetika	130
7. Penerapan Teknologi Rekayasa Genetika.....	135
8. Risiko dan Tantangan Pemanfaatan Bioteknologi	141
Rangkuman	144
Latihan Soal	145
Referensi.....	147

BAB 4: BAGIAN EKOSISTEM DAN INTERAKSI ANTAR KOMPONEN.....	148
1. Bagian-Bagian Penyusun Ekosistem	150
2. Dinamika Interaksi dalam Ekosistem	155
3. Aliran Energi dalam Ekosistem	159
4. Konsep Piramida Ekologi dalam Interaksi Ekosistem.....	162
5. Peran Produktivitas dalam Ekosistem	167
6. Perputaran Unsur-Unsur dalam Ekosistem	170
Rangkuman	175
Latihan Soal	176
Referensi.....	178
BAB 5: PERUBAHAN DAN PELESTARIAN LINGKUNGAN HIDUP	179
1. Dinamika Keseimbangan Lingkungan Hidup.....	181
2. Jenis Pencemaran Lingkungan Hidup	185
3. Penumpukan Zat Pencemar dalam Jaringan Rantai Makanan	195
4. Pengendalian Limbah	198
5. Perubahan Dalam Struktur Komunitas	203
6. Penyesuaian dan Upaya Pengurangan Dampak Perubahan Lingkungan	208
Rangkuman	212
Latihan Soal	213
Referensi.....	215



BAB 1:

KEANEKARAGAMAN HAYATI

Karakter Pelajar Pancasila

Bernalar Kritis, Peduli Lingkungan, Kolaboratif

Kata Kunci: Keanekaragaman hayati, ekosistem, genetik, spesies endemik, konservasi, ancaman ekologis, taksonomi, klasifikasi makhluk hidup

Tujuan Pembelajaran: Menjaga Keanekaragaman Hayati untuk Masa Depan

1. Mengidentifikasi Perbedaan Keanekaragaman pada Tingkat Gen, Jenis, Ekosistem, serta Tipe Ekosistem

- ▷ Memahami variasi genetik, spesies, dan ekosistem yang ada di Bumi.
- ▷ Mengetahui perbedaan berbagai tipe ekosistem dan karakteristiknya.

2. Mengaitkan Keanekaragaman Hayati Indonesia dengan Fungsi dan Manfaatnya

- ▷ Menjelaskan kontribusi keanekaragaman hayati Indonesia terhadap kehidupan manusia dan ekosistem.
- ▷ Mengidentifikasi peran keanekaragaman hayati dalam aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan.

3. Menganalisis Penyebab-Penyebab Hilangnya Keanekaragaman Hayati

- ▷ Mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati.
- ▷ Meneliti dampak dari kegiatan manusia terhadap keberagaman hayati.

4. Mengidentifikasi Ancaman Kelestarian Berbagai Hewan dan Tumbuhan Khas Indonesia dalam Bentuk Laporan Kegiatan

- ▷ Menyusun laporan mengenai spesies endemik Indonesia yang terancam punah.
- ▷ Meneliti ancaman yang dihadapi oleh flora dan fauna Indonesia, seperti perusakan habitat dan perburuan liar.

5. Mengklasifikasikan Makhluk Hidup Berdasarkan Ciri-Cirinya

- ▷ Menganalisis taksonomi makhluk hidup berdasarkan ciri-ciri fisik dan genetik.
- ▷ Menerapkan konsep klasifikasi dalam mengenali berbagai spesies dan kelompok organisme.

F I T R I



1. Tingkat Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati, atau biodiversitas, mencakup variasi kehidupan di bumi pada tingkat genetik, spesies, dan ekosistem. Biodiversitas berperan penting dalam menyediakan oksigen, mengatur iklim, menjaga siklus air, serta menjadi sumber pangan, obat, dan bahan baku industri. Soerjani (1996) mendefinisikannya sebagai jumlah dan variasi organisme hidup di bumi, sementara E.O. Wilson dan Thomas Lovejoy menekankan pentingnya biodiversitas bagi kesejahteraan manusia dan keseimbangan ekosistem. Keanekaragaman hayati menghadapi ancaman seperti deforestasi, perubahan iklim, polusi, dan eksploitasi sumber daya alam, sehingga pelestariannya menjadi kunci bagi keberlanjutan kehidupan. Oleh karena itu, pelestariannya sangat penting untuk keberlanjutan kehidupan.

Keanekaragaman Gen

Keanekaragaman gen merupakan aspek fundamental kehidupan yang menentukan variasi sifat, perilaku, dan kemampuan bertahan hidup dalam suatu spesies. Setiap organisme memiliki informasi genetik unik yang diwariskan, menciptakan perbedaan signifikan dalam populasi. Variasi genetik ini memengaruhi ciri fisik, daya tahan terhadap penyakit, serta kemampuan beradaptasi terhadap perubahan lingkungan. Spesies dengan keanekaragaman genetik tinggi lebih mampu bertahan dalam menghadapi ancaman seperti perubahan iklim, penyakit, dan predator. Proses alami seperti mutasi, rekombinasi genetik, dan seleksi alam menjaga keberagaman ini, memungkinkan evolusi dan adaptasi berlangsung. Keanekaragaman gen juga memiliki peran penting dalam pertanian dan kesehatan, seperti pengembangan varietas unggul dan terapi medis yang lebih efektif. Upaya pelestarian keanekaragaman hayati menjadi kunci dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung kemajuan peradaban manusia.

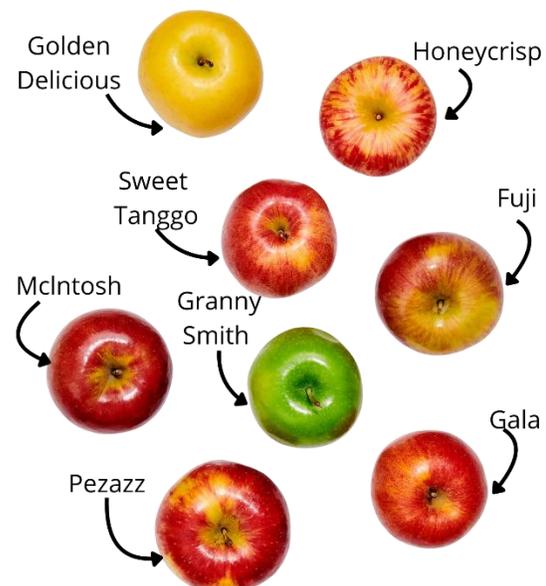
Keanekaragaman genetik pada organisme dipengaruhi oleh beberapa faktor utama yang mengatur variasi genetik dalam suatu populasi. Berikut adalah faktor-faktor yang mengendalikan keanekaragaman sifat genetik:

a. Mutasi

Perubahan dalam urutan DNA yang dapat terjadi secara spontan atau karena pengaruh faktor lingkungan, seperti radiasi atau bahan kimia berbahaya. Mutasi dapat menghasilkan variasi genetik baru, yang meningkatkan keberagaman dalam suatu populasi. Sebagian besar mutasi bersifat netral, tetapi ada juga yang memberikan keuntungan atau kerugian, tergantung pada dampaknya terhadap daya adaptasi organisme tersebut. Contohnya pada bakteri, mutasi dapat menghasilkan resistensi terhadap antibiotik, yang dapat menyebar ke seluruh populasi dan menyebabkan pengurangan efektivitas pengobatan terhadap infeksi.

b. Penyilangan (Crossing-Over)

Terjadi selama pembelahan sel meiosis, di mana kromosom homolog saling bertukar segmen-segmen genetik. Proses ini menghasilkan kombinasi genetik baru pada keturunan yang berbeda dari kedua orang tua mereka. Proses penyilangan ini memberikan variasi genetik yang sangat penting bagi keanekaragaman dalam suatu spesies. Contohnya pada manusia, selama pembentukan sel gamet (sel telur dan sperma), *crossing-over* menghasilkan kombinasi



Ragam Jenis Apel-theKitchen.com

genetik yang berbeda, yang menjelaskan mengapa saudara kandung dari orangtua yang sama bisa memiliki penampilan atau sifat yang berbeda meskipun mereka berbagi sebagian besar materi genetik yang sama.

c. Migrasi atau Aliran Gen (*Gene Flow*)

Aliran gen terjadi ketika individu-individu dari suatu populasi berpindah dan berkembang biak dengan individu dari populasi lain, membawa gen-gen baru yang tidak ada di populasi penerima. Hal ini meningkatkan variasi genetik karena memperkenalkan alel baru yang sebelumnya tidak ada.

Contoh nyata:

Pada tanaman yang tumbuh di wilayah terisolasi, jika ada individu dari populasi yang berbeda berkembang biak bersama, mereka akan membawa alel baru yang meningkatkan keragaman genetik pada populasi tersebut.

d. Seleksi Alam

Proses di mana individu dengan sifat genetik yang lebih menguntungkan dalam lingkungan tertentu memiliki peluang lebih besar untuk bertahan hidup dan berkembang biak. Proses ini dapat meningkatkan atau mengurangi keanekaragaman genetik dalam suatu populasi tergantung pada jenis tekanan seleksi yang ada, seperti adanya predator, sumber daya yang terbatas, atau perubahan iklim. Contohnya pada burung finch di Kepulauan Galápagos, burung dengan paruh lebih besar bertahan lebih baik saat sumber makanan berupa biji keras tersedia, sementara yang memiliki paruh lebih kecil lebih cocok saat sumber makanan berupa biji lembut. Seleksi alam menyebabkan variasi ukuran paruh tetap ada dalam populasi burung tersebut.

e. Perkawinan Terpilih (*Mating Selection*)

Terjadi ketika individu memilih pasangan berdasarkan sifat-sifat tertentu yang mereka anggap menguntungkan, seperti warna bulu yang lebih cerah, kekuatan fisik, atau perilaku tertentu. Pilihan pasangan ini mempengaruhi kombinasi genetik pada keturunan dan meningkatkan keanekaragaman genetik, terutama pada spesies yang memiliki sifat seksual sekunder yang menonjol. Contohnya pada burung merak, pejantan dengan ekor yang lebih panjang dan warna yang lebih cerah cenderung lebih disukai oleh betina untuk berkembang biak. Pilihan ini meningkatkan keberagaman genetik pada keturunan mereka, karena individu dengan genetik tertentu lebih banyak diterima sebagai pasangan.

Keanekaragaman Jenis

Keanekaragaman jenis atau spesies merujuk pada variasi jumlah dan jenis spesies di bumi yang masing-masing memiliki ciri khas, habitat, dan peran ekologi yang berbeda. Setiap spesies berkontribusi dalam menjaga keseimbangan ekosistem melalui rantai makanan, daur biogeokimia, dan interaksi dengan spesies lain. Di hutan hujan tropis, ribuan spesies tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme hidup berdampingan, menjalankan peran spesifik yang mendukung ekosistem. Hilangnya satu spesies dapat mengganggu keseimbangan alam. Populasi yang lebih beragam juga meningkatkan ketahanan ekosistem terhadap perubahan lingkungan, memastikan keberlanjutan kehidupan di bumi.

Kucing besar adalah kelompok hewan karnivora yang memiliki tubuh besar, dan banyak di antaranya memiliki kesamaan dalam hal perilaku dan morfologi dengan kucing domestik. Kucing besar ini termasuk dalam keluarga *Felidae* dan memiliki berbagai spesies yang tersebar di seluruh dunia, terutama di wilayah Asia, Afrika, dan Amerika. Berikut adalah beberapa contoh kucing besar yang mirip dengan kucing domestik, beserta nama latinnya:

a. **Singa (*Panthera leo*)** Singa dikenal sebagai "raja hutan" dan memiliki ukuran tubuh yang besar dibandingkan dengan kucing domestik. Singa biasanya hidup di padang rumput atau sabana Afrika, dengan kelompok sosial yang disebut "pride." Meskipun berbeda dalam ukuran dan habitat, singa memiliki perilaku berburu yang mirip dengan kucing rumah.

b. **Harimau (*Panthera tigris*)** Harimau adalah kucing besar yang terkenal dengan kekuatannya dan memiliki pola garis-garis unik di kulitnya. Mereka biasanya hidup di hutan hujan tropis di Asia. Seperti kucing domestik, harimau juga memiliki kebiasaan berburu yang sangat terampil dan cenderung soliter, lebih memilih untuk berburu sendiri daripada dalam kelompok.

c. **Macan Tutul (*Panthera pardus*)** Macan tutul dikenal dengan bulu bercorak tutul-tutul yang cantik dan kuat. Hewan ini hidup di berbagai habitat, dari hutan hujan hingga padang rumput. Seperti kucing rumah, macan tutul juga sangat lincah dan sering bersembunyi di pohon untuk menyembunyikan hasil buruannya.

d. **Cheetah (*Acinonyx jubatus*)** Cheetah adalah kucing besar yang dikenal dengan kecepatan lari yang luar biasa, yang digunakan untuk mengejar mangsa di padang rumput Afrika. Meskipun memiliki ukuran tubuh yang lebih kecil dibandingkan dengan harimau atau singa, cheetah memiliki kesamaan dengan kucing rumah dalam hal struktur tubuh yang ramping dan otot-otot yang kuat untuk berlari cepat.

e. **Jaguar (*Panthera onca*)** Jaguar adalah kucing besar yang terdapat di Amerika Selatan dan dikenal dengan kekuatannya, serta kemampuan untuk berburu mangsa besar seperti tapir dan rusa. Jaguar memiliki pola bulu yang menyerupai macan tutul dan berburu dengan cara yang mirip dengan kucing domestik, yaitu mengintai dan menyerang secara cepat.

Keanekaragaman jenis dalam kelompok kucing besar ini menunjukkan bagaimana spesies yang berbeda dapat memiliki adaptasi unik sesuai dengan habitat dan kebutuhan mereka, meskipun ada kesamaan dalam perilaku berburu dan morfologi yang mirip dengan kucing rumah. Keberagaman dalam kelompok kucing besar ini penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem tempat mereka hidup, sebagai predator puncak yang mengontrol populasi spesies lain.



Keaneekaragaman jenis genus-Canva.com



Keanekaragaman Ekosistem

Keanekaragaman ekosistem mengacu pada perbedaan tipe ekosistem yang ada di planet ini, dari ekosistem hutan tropis yang lebat hingga gurun yang gersang. Setiap ekosistem memiliki komponen biotik (organisme hidup) dan abiotik (lingkungan fisik) yang berinteraksi satu sama lain untuk menciptakan keseimbangan. Keanekaragaman ekosistem penting untuk mempertahankan proses-proses alam yang vital, seperti daur ulang nutrisi dan siklus air. Sebagai contoh, ekosistem laut menyediakan oksigen melalui fitoplankton dan merupakan sumber pangan bagi banyak spesies laut, sementara hutan tropis berfungsi sebagai penyerap karbon dioksida yang penting untuk mengurangi pemanasan global. Keanekaragaman ekosistem juga memperkaya kehidupan manusia dengan berbagai manfaat seperti pariwisata alam dan sumber daya alam.

a. Pentingnya Keanekaragaman Ekosistem

Keanekaragaman ekosistem sangat penting untuk menjaga keseimbangan alam karena setiap ekosistem memiliki fungsi vital yang mendukung kelangsungan hidup berbagai organisme. Berikut adalah beberapa alasan mengapa keanekaragaman ekosistem penting:

▷ **Regulasi Iklim dan Siklus Karbon**

Ekosistem, terutama hutan dan laut, berperan penting dalam mengatur suhu bumi dan mengurangi dampak perubahan iklim. Mereka menyerap karbon dioksida dari atmosfer, yang membantu mengurangi efek rumah kaca.

▷ **Penyediaan Layanan Alam**

Ekosistem menyediakan berbagai layanan alam yang penting bagi kehidupan manusia, seperti penyediaan air bersih, pengolahan limbah alami, dan penyediaan pangan serta bahan baku industri.

▷ **Pemeliharaan Keseimbangan Ekologis**

Keanekaragaman ekosistem memastikan bahwa berbagai spesies dapat berinteraksi dengan cara yang saling mendukung, yang pada akhirnya menjaga keberlanjutan rantai makanan dan proses-proses biogeokimia seperti siklus nitrogen dan fosfor.

▷ **Keberagaman Sumber Daya Alam**

Ekosistem menyediakan beragam sumber daya alam yang digunakan oleh manusia, seperti bahan obat-obatan, bahan pangan, dan bahan baku lainnya. Selain itu, ekosistem yang kaya akan spesies juga mendukung pariwisata alam yang dapat meningkatkan perekonomian lokal.

b. Ancaman terhadap Keanekaragaman Ekosistem

Keanekaragaman ekosistem kini terancam oleh berbagai aktivitas manusia, seperti deforestasi, polusi, perubahan iklim, dan urbanisasi yang mengurangi luas area habitat alami. Kehilangan atau kerusakan ekosistem dapat menyebabkan hilangnya spesies, terganggunya siklus alam, dan berkurangnya layanan ekosistem yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pelestarian dan restorasi ekosistem yang ada agar keanekaragaman ekosistem tetap terjaga untuk generasi yang akan datang.

Contoh Soal

Keanekaragaman hayati memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Dalam konteks perubahan iklim global, bagaimana keanekaragaman hayati dapat berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim?

- A. Dengan mempercepat proses urbanisasi
- B. Melalui pengurangan jumlah spesies yang terancam punah
- C. Dengan memfasilitasi adaptasi spesies terhadap perubahan iklim
- D. Dengan meningkatkan penggunaan bahan bakar fosil
- E. Melalui pertumbuhan jumlah populasi manusia yang lebih tinggi

Jawaban Benar: C. Dengan memfasilitasi adaptasi spesies terhadap perubahan iklim

Penjelasan:

Keanekaragaman hayati memungkinkan spesies untuk beradaptasi lebih baik dengan perubahan lingkungan yang terjadi, seperti perubahan iklim. Spesies yang lebih beragam memiliki potensi lebih tinggi untuk bertahan dalam kondisi yang berubah, karena mereka dapat menggunakan berbagai strategi adaptasi yang berbeda. Ini mempercepat proses adaptasi spesies terhadap perubahan iklim, yang dapat membantu memitigasi dampaknya.



Biologipedia

Tingkat keanekaragaman hayati

▷ Keanekaragaman Gen: Kunci Evolusi

Setiap spesies memiliki variasi genetik yang memungkinkan mereka beradaptasi dengan perubahan lingkungan. Tanpa keanekaragaman gen, evolusi tidak akan terjadi, dan spesies bisa punah dalam menghadapi tantangan baru.

▷ Keanekaragaman Jenis: Miliaran Spesies di Bumi

Di Bumi, diperkirakan ada lebih dari 8 juta spesies yang belum ditemukan! Setiap spesies, dari mikroorganisme hingga hewan besar, memiliki peran vital dalam menjaga keseimbangan ekosistem.

▷ Keanekaragaman Ekosistem: Dunia dalam Dunia

Keanekaragaman ekosistem mencakup berbagai jenis habitat, dari hutan hujan tropis hingga gurun pasir, masing-masing dengan ekosistem uniknya sendiri yang mendukung berbagai kehidupan dengan cara yang berbeda.





2. Jenis-Jenis Ekosistem

Ekosistem adalah sistem kehidupan yang terdiri dari interaksi antara organisme hidup (biotik) dan komponen non-hidup (abiotik) seperti air, udara, tanah, dan cahaya matahari. Keanekaragaman ekosistem di bumi sangat luas dan mencakup berbagai tipe yang tersebar di daratan dan perairan. Setiap tipe ekosistem memiliki karakteristik dan fungsi yang berbeda, yang mendukung keberagaman kehidupan di planet ini. Dari hutan tropis yang lebat hingga gurun yang kering, dari samudra yang luas hingga danau yang tenang, masing-masing ekosistem memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan alam. Memahami berbagai tipe ekosistem ini penting untuk menjaga kelestarian alam dan memanfaatkan sumber daya alam secara berkelanjutan.



Ekosistem Terumbu Karang-Kompas.com

Ekosistem Perairan (Akuatik)

Ekosistem perairan terbagi menjadi dua jenis utama yaitu, ekosistem air tawar dan ekosistem laut. Ekosistem air tawar mencakup danau, sungai, dan rawa-rawa, sedangkan ekosistem laut meliputi lautan dan terumbu karang. Kedua jenis ekosistem ini memiliki keanekaragaman hayati yang sangat tinggi, karena kehidupan di dalamnya beradaptasi dengan kondisi air yang berbeda, mulai dari yang tawar hingga air asin. Di dalam ekosistem ini, ada berbagai makhluk hidup seperti ikan, plankton, moluska, dan mamalia laut, serta tanaman air yang memberikan oksigen dan makanan bagi banyak spesies. Ekosistem perairan juga memiliki peran penting dalam regulasi iklim, karena laut menyerap banyak karbon dioksida dan mengatur suhu bumi. Namun, ekosistem ini sangat rentan terhadap polusi dan perubahan iklim yang dapat mengancam keanekaragaman hidup di dalamnya.

Makhluk hidup dalam ekosistem perairan terbagi menjadi beberapa kelompok besar, yang masing-masing memiliki peran dan fungsi yang berbeda dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Berikut adalah kelompok-kelompok makhluk hidup (biotik) yang ada dalam ekosistem perairan:

a. Plankton

▷ **Fitoplankton:** Merupakan kelompok mikroorganisme fotosintetik yang hidup di permukaan air. Fitoplankton seperti alga dan diatom berfungsi sebagai produsen utama dalam ekosistem perairan, karena mereka mengubah energi matahari menjadi energi kimia melalui fotosintesis. Fitoplankton juga menjadi dasar dari rantai makanan akuatik, menjadi sumber makanan bagi zooplankton dan hewan laut kecil lainnya.

Contoh: *Phytoplankton* seperti *Diatom* dan *Dunaliella*.

▷ **Zooplankton:** Merupakan kelompok plankton yang terdiri dari organisme hewan mikroskopis. Zooplankton adalah konsumen pertama dalam ekosistem perairan, karena mereka memakan fitoplankton dan menjadi makanan bagi organisme yang lebih besar seperti ikan dan paus kecil.

Contoh: *Zooplankton* seperti *Copepods* dan *Kril*.

b. **Nekton:** Kelompok makhluk hidup yang dapat bergerak aktif di dalam air, biasanya memiliki kemampuan berenang yang kuat. Organisme dalam kelompok nekton ini termasuk ikan, mamalia laut, dan reptil laut. Nekton memainkan peran sebagai predator utama dalam ekosistem perairan, memakan berbagai organisme yang lebih kecil dan menjadi mangsa bagi predator yang lebih besar.

Contoh: Ikan tuna (*Thunnus*), paus biru (*Balaenoptera musculus*), dan penyu hijau (*Chelonia mydas*).

c. **Benthos:** Makhluk hidup yang hidup di dasar perairan, baik di dasar laut, danau, atau sungai. Makhluk hidup dalam kelompok benthos ini beradaptasi untuk hidup di lingkungan yang memiliki kedalaman atau arus yang minim. Mereka memainkan peran penting dalam daur ulang bahan organik, karena sebagian besar bentos adalah pemakan bangkai atau dekomposer, yang mengurai materi organik menjadi unsur-unsur yang dapat digunakan kembali oleh tanaman.

Contoh: Bintang laut (*Asterias*) dan kerang (*Mytilus*), serta berbagai jenis cacing laut.

d. **Perifiton:** Organisme yang menempel pada permukaan benda di dalam air, seperti batu, kayu, atau tanaman. Perifiton dapat berupa berbagai jenis alga, diatom, atau bahkan hewan seperti siput dan krustasea kecil. Mereka sering kali berfungsi sebagai sumber makanan bagi zooplankton dan juga berperan dalam menjaga kestabilan habitat akuatik dengan memfilter air dan menyediakan tempat hidup bagi organisme lainnya.

Contoh: Alga yang menempel pada batu atau kayu yang terendam air, seperti *Cladophora* atau *Spirogyra*.

Ekosistem Darat

Ekosistem darat mencakup berbagai macam ekosistem yang terdapat di permukaan bumi, dari hutan hujan tropis hingga padang rumput yang luas. Setiap jenis ekosistem darat memiliki kondisi iklim dan vegetasi yang berbeda, yang mempengaruhi jenis spesies yang dapat bertahan hidup di dalamnya. Sebagai contoh, hutan hujan tropis memiliki iklim lembab dengan vegetasi yang sangat lebat, sementara padang rumput memiliki iklim yang lebih kering dengan tanaman rendah seperti rumput dan semak. Keanekaragaman hayati dalam ekosistem darat sangat bergantung pada kondisi fisik seperti curah hujan, suhu, dan jenis tanah. Ekosistem darat memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan alam, seperti penyedia oksigen dan penyerapan karbon dioksida.

a. Hutan Hujan Tropis



Ekosistem Hujan Tropis -Kumparan.com

Hutan hujan tropis adalah ekosistem yang sangat kaya akan keanekaragaman hayati dan ditemukan di daerah tropis, di sekitar garis khatulistiwa. Ekosistem ini memiliki suhu yang hangat dan curah hujan yang tinggi sepanjang tahun, yang mendukung kehidupan berbagai spesies tanaman, hewan, dan mikroorganisme. Hutan hujan tropis adalah rumah bagi banyak spesies langka dan terancam punah, seperti orangutan dan harimau sumatera. Ekosistem ini juga berperan penting dalam siklus air global, menyaring udara, dan menyimpan karbon yang dapat membantu memerangi perubahan iklim.

Karakteristik:

- ▷ **Iklim:** Hutan hujan tropis ditemukan di daerah dengan iklim tropis, yang memiliki suhu hangat sepanjang tahun dan curah hujan yang tinggi (lebih dari 2000 mm per tahun). Musim hujan berlangsung hampir sepanjang tahun, dengan kelembaban yang sangat tinggi.
- ▷ **Vegetasi:** Hutan hujan tropis memiliki vegetasi yang sangat lebat dan berlapis-lapis. Tumbuhan yang ada sangat bervariasi, mulai dari pohon besar hingga tanaman merambat dan lumut. Pohon-pohon seperti pohon jati, mahoni, dan bambu tumbuh dengan rapat.
- ▷ **Fauna:** Hutan ini menjadi rumah bagi berbagai spesies fauna, termasuk mamalia seperti orangutan, harimau sumatera, gajah, serta berbagai jenis burung, serangga, dan reptil.
- ▷ **Peran Ekosistem:** Hutan hujan tropis memiliki peran vital dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer, menghasilkan oksigen, dan mempengaruhi pola hujan global. Mereka juga menyediakan berbagai sumber daya alam, seperti obat-obatan, bahan bangunan, dan hasil hutan lainnya.

b. Sabana

Sabana adalah ekosistem yang terdiri dari padang rumput luas yang terpapar sinar matahari langsung, dengan beberapa pohon besar tersebar. Ekosistem ini biasanya ditemukan di daerah tropis dengan musim kemarau panjang. Keanekaragaman hayati di sabana cukup tinggi, terutama di kalangan hewan herbivora dan predator, yang banyak ditemukan di padang rumput seperti zebra, singa, dan gajah. Tumbuhan yang tumbuh di sabana memiliki adaptasi untuk bertahan hidup di bawah kondisi yang panas dan kering, dengan akar yang dalam dan daun yang kecil.

Karakteristik:

- ▷ **Iklm:** Sabana memiliki iklim tropis dengan musim kemarau yang panjang dan musim hujan yang singkat. Curah hujan tahunan berkisar antara 500 mm hingga 1.200 mm.



Ekosistem Sabana-Kumparan.com

- ▷ **Vegetasi:** Sabana didominasi oleh padang rumput dengan pohon-pohon jarang dan semak-semak. Pohon yang ada biasanya memiliki bentuk yang adaptif terhadap kondisi kekeringan, seperti akasia dan baobab.

- ▷ **Fauna:** Sabana adalah habitat bagi banyak herbivora besar seperti zebra, jerapah, gajah, serta predator seperti singa dan cheetah. Ekosistem ini juga mendukung berbagai spesies burung dan serangga.

- ▷ **Peran Ekosistem:** Sabana memainkan peran penting dalam mendukung keberagaman hewan besar dan berfungsi sebagai wilayah penggembalaan. Mereka juga berperan dalam pengaturan siklus air dan mendukung keberlanjutan sumber daya alam.

c. Padang Rumput

Padang rumput adalah ekosistem yang dominan dengan rumput dan tanaman herba lainnya, dengan sedikit pohon. Ekosistem ini ditemukan di daerah dengan musim kemarau yang panjang dan curah hujan yang rendah. Padang rumput adalah habitat bagi banyak spesies herbivora, seperti bison dan antelop, yang bergantung pada tumbuhan rumput sebagai sumber makanan. Ekosistem ini juga menjadi rumah bagi predator yang memangsa herbivora, seperti serigala dan singa.

Karakteristik:

- ▷ **Iklm:** Padang rumput memiliki iklim yang lebih dingin daripada sabana, dengan curah hujan berkisar antara 300 mm hingga 900 mm per tahun, dan musim kemarau yang panjang.
- ▷ **Vegetasi:** Ekosistem ini didominasi oleh rumput-rumputan dan tanaman semak. Pohon-pohon jarang tumbuh, kecuali di daerah dekat sungai atau tempat yang lebih subur.
- ▷ **Fauna:** Padang rumput merupakan habitat bagi banyak herbivora besar seperti bison, rusa, dan kuda liar. Predator seperti serigala dan cougar juga hidup di sini, mengatur populasi herbivora.
- ▷ **Peran Ekosistem:** Padang rumput penting sebagai tempat penggembalaan bagi banyak spesies herbivora dan berperan dalam menjaga keseimbangan rantai makanan. Mereka juga memiliki peran penting dalam mengatur pola karbon dan siklus air.

d. Padang Pasir (Gurun)



*Ekosistem Padang Pasir (Gurun) –
Canva Studio*

Gurun adalah ekosistem dengan curah hujan yang sangat rendah, yang membuatnya menjadi tempat yang keras bagi kehidupan. Tanaman dan hewan yang dapat bertahan hidup di gurun memiliki adaptasi khusus, seperti kemampuan menyimpan air atau beraktivitas pada malam hari ketika suhu lebih dingin. Meskipun tampak tandus, gurun adalah rumah bagi berbagai spesies unik, termasuk kaktus, ular, dan kadal yang telah beradaptasi dengan lingkungan ekstrem.

Karakteristik:

- ▷ **Iklim:** Gurun memiliki iklim ekstrem dengan curah hujan yang sangat rendah (kurang dari 250 mm per tahun), suhu yang sangat tinggi di siang hari dan sangat dingin di malam hari.
- ▷ **Vegetasi:** Vegetasi di gurun sangat jarang dan terdiri dari tumbuhan yang memiliki adaptasi khusus terhadap kekeringan, seperti kaktus dan tumbuhan sukulen lainnya.
- ▷ **Fauna:** Hewan yang dapat bertahan hidup di gurun memiliki adaptasi khusus, seperti ular, kalajengking, kadal, dan mamalia kecil seperti tikus gurun. Beberapa spesies burung juga beradaptasi untuk hidup di gurun.
- ▷ **Peran Ekosistem:** Gurun memainkan peran penting dalam siklus karbon dan pengaturan suhu bumi. Ekosistem ini juga memiliki potensi untuk menjadi sumber energi terbarukan, seperti energi surya.

e. Hutan Gugur

Hutan gugur adalah ekosistem yang ditemukan di daerah dengan empat musim, terutama di daerah subtropis dan sedang. Di sini, pohon-pohon seperti ek dan maple menggugurkan daunnya setiap musim gugur sebagai adaptasi terhadap musim dingin yang dingin dan kering. Hutan gugur memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, termasuk berbagai jenis mamalia, burung, dan tumbuhan yang bermigrasi atau berhibernasi selama musim dingin.

Karakteristik:

- ▷ **Iklim:** Hutan gugur ditemukan di daerah dengan empat musim, dengan musim dingin yang panjang dan musim panas yang hangat. Curah hujan tahunan berkisar antara 700 mm hingga 1.500 mm.

- ▷ **Vegetasi:** Vegetasi di hutan gugur didominasi oleh pohon-pohon yang menggugurkan daunnya pada musim gugur, seperti ek, maple, dan pohon birch. Tanaman lain seperti semak-semak dan bunga liar juga tumbuh subur.
- ▷ **Fauna:** Fauna yang hidup di hutan gugur termasuk mamalia seperti rusa, beruang, rubah, serta berbagai jenis burung yang bermigrasi.
- ▷ **Peran Ekosistem:** Hutan gugur berperan penting dalam penyimpanan karbon dan pengaturan iklim. Mereka juga menyediakan habitat bagi banyak spesies dan berfungsi dalam daur ulang bahan organik.

f. Taiga

Taiga, atau hutan boreal, adalah ekosistem yang terletak di daerah utara, dengan musim dingin yang sangat panjang dan suhu yang sangat rendah. Ekosistem ini didominasi oleh pohon konifer, seperti pinus dan cemara, yang memiliki daun berbentuk jarum untuk mengurangi kehilangan air. Taiga adalah rumah bagi banyak mamalia besar seperti beruang dan rusa, serta berbagai jenis burung dan serangga.

Karakteristik:

- ▷ **Iklim:** Taiga atau hutan boreal ditemukan di wilayah beriklim dingin, dengan musim dingin yang panjang dan musim panas yang singkat. Curah hujan berkisar antara 300 mm hingga 900 mm per tahun, dengan sebagian besar curah hujan berupa salju.
- ▷ **Vegetasi:** Vegetasi di taiga didominasi oleh pohon konifer seperti pinus, cemara, dan spruce, yang dapat bertahan dalam suhu yang sangat rendah. Hutan ini juga memiliki semak-semak dan beberapa spesies tanaman berbunga.
- ▷ **Fauna:** Taiga adalah habitat bagi mamalia besar seperti beruang coklat, rusa, serigala, dan lynx. Burung-burung seperti burung hantu dan elang juga hidup di sini.
- ▷ **Peran Ekosistem:** Taiga berperan dalam penyimpanan karbon dan mempengaruhi pola iklim global. Hutan boreal ini juga mendukung keberagaman hayati dan menyediakan berbagai sumber daya alam yang bermanfaat bagi manusia.



Ekosistem Taiga-pinterest.com

g. Tundra

Tundra adalah ekosistem yang ditemukan di daerah kutub dengan suhu ekstrem yang rendah. Vegetasi di tundra sangat terbatas, terdiri dari lumut, alga, dan tanaman kecil lainnya yang dapat bertahan dalam kondisi beku. Tundra adalah habitat bagi berbagai spesies yang tahan terhadap suhu rendah, seperti rusa kutub dan beruang kutub. Ekosistem tundra juga memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan iklim global dengan menyerap karbon.

Karakteristik:

- ▷ **Iklim:** Tundra ditemukan di wilayah kutub dengan suhu yang sangat rendah, terutama di musim dingin. Curah hujan sangat rendah, biasanya di bawah 250 mm per tahun, dan sebagian besar berupa salju.
- ▷ **Vegetasi:** Vegetasi di tundra sangat terbatas dan terdiri dari lumut, alga, dan tanaman kecil yang dapat bertahan hidup dalam suhu rendah. Tumbuhan di tundra memiliki adaptasi terhadap dingin dan angin kencang.
- ▷ **Fauna:** Tundra menjadi rumah bagi beberapa spesies hewan yang tahan terhadap suhu ekstrem, seperti rusa kutub, beruang kutub, serigala kutub, dan burung pemangsa seperti elang.
- ▷ **Peran Ekosistem:** Tundra berfungsi dalam siklus karbon dan penyimpanan air beku. Ekosistem ini juga memiliki peran dalam menjaga kestabilan iklim global, terutama dalam penyerapan karbon dioksida.



Ekosistem Tundra-padangekspres.com

Contoh Soal

Ekosistem yang paling rentan terhadap perubahan iklim akibat peningkatan suhu global dan penurunan curah hujan adalah?

Jawaban Benar: Ekosistem tundra

Penjelasan:

Ekosistem tundra sangat rentan terhadap perubahan iklim karena spesies di kawasan ini telah beradaptasi dengan kondisi suhu rendah yang stabil. Peningkatan suhu global dapat mengganggu keseimbangan ekosistem tundra, mengurangi jumlah spesies yang dapat bertahan hidup, dan menyebabkan permafrost (lapisan tanah beku) mencair, yang mengarah pada pelepasan karbon yang lebih banyak ke atmosfer.



Ekosistem Laut: Dunia yang Tak Terlihat

Ekosistem laut mencakup lebih dari 70% permukaan bumi dan rumah bagi ribuan spesies, dari plankton mikroskopis hingga paus raksasa, serta terumbu karang yang berfungsi sebagai "kota bawah laut" penuh kehidupan.



Kegiatan Kelompok

Mengamati Keanekaragaman Hayati di Lingkungan Sekitar

Petunjuk Kegiatan:

1. Pilih satu ekosistem di sekitar sekolah atau rumah (contoh: kebun, kolam, halaman sekolah).
2. Amati dan catat berbagai organisme yang hidup di ekosistem tersebut.
3. Kelompokkan organisme berdasarkan:
 - a. Spesies yang sama dengan variasi berbeda (misalnya warna bunga).
 - b. Spesies yang berbeda tetapi memiliki ciri fisik yang mirip.
4. Tuliskan manfaat masing-masing organisme.
5. Masukkan data ke dalam tabel berikut:

No	Jenis Organisme (Nama Daerah & Ilmiah)	Manfaat	Keterangan
1			
2			

6. Diskusikan dan jawab pertanyaan berikut:
 - a. Bagaimana keanekaragaman ekosistem yang diamati?
 - b. Apa persamaan dan perbedaan ciri abiotik serta biotiknya?
 - c. Apa saja spesies yang ditemukan?
 - d. Adakah spesies berbeda yang memiliki ciri fisik mirip? Jelaskan.
 - e. Adakah satu spesies yang hidup di ekosistem berbeda? Sebutkan.
 - f. Apakah ada keanekaragaman genetik dalam spesies yang sama?
 - g. Organisme mana yang bermanfaat dalam bidang pangan, obat, industri, dll.?
 - h. Sebutkan contoh ekosistem lain di daerahmu dan ciri abiotik/biotiknya.



3. Keanekaragaman Hayati di Nusantara

Indonesia merupakan salah satu negara dengan keanekaragaman hayati terkaya di dunia. Letak geografisnya yang strategis, berada di antara dua benua dan dua samudra, serta kondisi iklim tropisnya yang mendukung, menjadikan Indonesia rumah bagi ribuan spesies tumbuhan dan hewan yang tidak ditemukan di tempat lain. Keanekaragaman hayati di Nusantara tidak hanya mencakup flora dan fauna, tetapi juga mikroorganisme yang memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Pemahaman tentang kekayaan hayati Indonesia sangat penting untuk mengelola dan melestarikan spesies-spesies unik yang ada, serta untuk memanfaatkan potensi alam secara berkelanjutan bagi kesejahteraan manusia. Pada subbab ini, kita akan menggali lebih dalam tentang kekayaan flora, fauna, serta mikroorganisme yang ada di Indonesia, dan bagaimana penyebarannya di berbagai kawasan. Selain itu, kita akan membahas manfaat dan fungsi keanekaragaman hayati di Indonesia yang tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga pada budaya, ekonomi, dan kehidupan sosial masyarakat.

Kekayaan Flora, Fauna, dan Mikroorganisme di Nusantara

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara dengan keanekaragaman hayati terbesar di dunia, dengan banyak flora dan fauna yang tidak ditemukan di tempat lain. Negara ini memiliki lebih dari 30.000 spesies tumbuhan, lebih dari 1.500 spesies burung, serta berbagai jenis mamalia dan reptil. Keanekaragaman mikroorganisme di Indonesia juga sangat kaya, dengan banyak spesies yang masih belum sepenuhnya dipelajari. Kekayaan ini berasal dari kondisi geografis Indonesia yang sangat unik, dengan ribuan pulau yang tersebar di sepanjang garis khatulistiwa, menciptakan berbagai macam ekosistem yang mendukung kehidupan.



Jalak Bali – Canva Studio

a. Flora Indonesia

Flora Indonesia mencakup lebih dari 30.000 spesies tumbuhan yang tersebar di berbagai jenis habitat, dari hutan tropis, sabana, hingga pesisir pantai. Banyak tumbuhan Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi, seperti kayu jati, cendana, dan kelapa sawit. Selain itu, Indonesia juga memiliki tumbuhan langka

yang sangat penting, seperti bunga *Rafflesia arnoldii* yang merupakan bunga terbesar di dunia. Hutan hujan tropis Indonesia adalah rumah bagi banyak tumbuhan langka, beberapa di antaranya memiliki kegunaan sebagai obat herbal yang berperan penting dalam pengobatan tradisional dan modern.

b. Fauna Indonesia

Indonesia memiliki lebih dari 1.500 spesies vertebrata dan lebih dari 250.000 spesies invertebrata, dengan banyak di antaranya merupakan spesies endemik. Beberapa spesies fauna yang terkenal dan hanya ditemukan di Indonesia antara lain jalak bali, orangutan, harimau sumatera, komodo, dan burung cenderawasih. Keanekaragaman fauna ini tersebar di berbagai ekosistem, dari hutan hujan tropis yang lebat di Sumatra dan Kalimantan, hingga daerah-daerah seperti Papua yang memiliki fauna yang sangat unik dan berbeda. Indonesia juga memiliki kawasan-kawasan yang menjadi rumah bagi hewan-hewan langka yang terancam punah, menjadikannya penting untuk upaya konservasi.

c. Mikroorganisme Indonesia

Mikroorganisme di Indonesia sangat beragam dan memiliki peran penting dalam proses ekologi dan industri. Mikrobial seperti bakteri, jamur, dan alga berperan dalam pengolahan limbah organik, siklus karbon, serta dalam pertanian sebagai agen pengurai dan penyubur tanah. Mikroorganisme juga memiliki peran dalam produksi makanan, seperti tempe yang dihasilkan oleh proses fermentasi yang melibatkan jamur tertentu. Di perairan Indonesia, mikroorganisme juga menjadi bagian penting dalam rantai makanan akuatik, seperti fitoplankton yang menjadi sumber utama makanan bagi zooplankton.

Pola Persebaran Keanekaragaman Hayati di Indonesia

Penyebaran keanekaragaman hayati di Indonesia sangat dipengaruhi oleh faktor geografis, seperti letak Indonesia yang berada di antara dua benua dan dua samudra, serta perbedaan iklim antara bagian barat dan timur Indonesia. Di Indonesia bagian Barat, seperti Sumatra dan Kalimantan, kita dapat menemukan banyak spesies hutan hujan tropis yang sangat lebat. Sementara itu, Indonesia bagian Timur, seperti Papua, memiliki flora dan fauna yang lebih khas dengan pengaruh daerah Austronesia. Kawasan peralihan, seperti Jawa dan Bali, memiliki spesies yang merupakan gabungan dari fauna dan flora kedua kawasan tersebut.

a. Penyebaran Flora Indonesia

Flora Indonesia terbagi dalam tiga kawasan utama, yaitu kawasan barat, kawasan tengah, dan kawasan timur.

- ▷ **Kawasan Indonesia Bagian Barat** memiliki flora yang dipengaruhi oleh pengaruh flora Asia. Di sini, Anda akan menemukan banyak spesies pohon tropis yang juga ditemukan di daratan Asia, seperti pohon meranti dan pohon durian.
- ▷ **Kawasan Peralihan**, seperti yang ada di Jawa dan Bali, memiliki spesies flora yang merupakan gabungan dari flora Asia dan Australia. Di daerah ini, banyak ditemukan spesies tanaman yang unik yang hanya ada di kawasan peralihan ini.
- ▷ **Kawasan Indonesia Bagian Timur** yang mencakup Papua dan Kepulauan Maluku, memiliki flora yang lebih dipengaruhi oleh flora Australia. Di sini terdapat banyak spesies endemik yang tidak ditemukan di tempat lain, seperti pohon kemiri dan kayu manis.



Pohon Kapuk-www.socfindoconservation.co.id

b. Penyebaran Fauna Indonesia

Penyebaran fauna Indonesia sangat dipengaruhi oleh letak geografis negara ini yang berada di antara dua benua besar, yaitu Asia dan Australia, serta dua samudra besar, yaitu Samudra Pasifik dan Samudra Hindia. Hal ini menyebabkan fauna di Indonesia tersebar dalam tiga kawasan utama yang sangat berbeda, masing-masing dengan jenis fauna yang khas dan unik. Ketiga kawasan tersebut adalah Kawasan Indonesia Bagian Barat, Kawasan Peralihan, dan Kawasan Indonesia Bagian Timur. Penyebaran fauna Indonesia juga terbagi dalam tiga kawasan yang mirip dengan penyebaran flora:



Gajah Sumatra-Wikipedia.com

▷ Kawasan Indonesia Bagian Barat

Kawasan Indonesia Bagian Barat meliputi pulau-pulau besar seperti Sumatra, Kalimantan, dan Jawa, yang dipengaruhi oleh pengaruh fauna dari benua Asia. Ekosistem di kawasan ini didominasi oleh hutan hujan tropis yang lebat dan beragam, yang menjadi rumah bagi berbagai spesies fauna yang umumnya memiliki kesamaan dengan fauna Asia. Fauna yang hidup di kawasan ini sering ditemukan juga di daratan Asia, seperti harimau sumatera (*Panthera tigris sumatrae*), gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*), dan orangutan sumatera (*Pongo abelii*). Kawasan ini juga menjadi rumah bagi berbagai spesies primata, seperti lutung jawa (*Trachypithecus auratus*), serta spesies burung seperti burung enggang (*Buceros rhinoceros*) yang terkenal dengan paruh besar dan warna yang mencolok.

Selain itu, kawasan ini juga terkenal dengan keragaman fauna mikroba yang hidup di hutan tropis yang lembab. Hewan-hewan endemik lainnya yang hanya dapat ditemukan di kawasan ini termasuk badak jawa (*Rhinoceros sondaicus*) dan kucing emas kecil (*Catopuma temminckii*), yang memiliki distribusi terbatas pada hutan-hutan tropis di Jawa dan Sumatra.

▷ Kawasan Peralihan

Kawasan Peralihan adalah wilayah transisi antara kawasan Indonesia Bagian Barat dan Indonesia Bagian Timur, yang meliputi pulau-pulau seperti Bali dan Nusa Tenggara. Fauna di kawasan ini adalah campuran antara fauna yang berasal dari benua Asia dan Australia, yang dapat ditemukan dalam bentuk spesies endemik yang muncul sebagai hasil percampuran tersebut. Oleh karena itu, kawasan ini memiliki jenis fauna yang lebih beragam dan sering disebut sebagai "zona peralihan."

Contoh fauna di kawasan peralihan ini termasuk banteng jawa (*Bos javanicus*), yang ditemukan di pulau Jawa dan Bali, serta macan tutul jawa (*Panthera pardus melas*), yang memiliki habitat di daerah pegunungan dan hutan di Jawa. Selain itu, berbagai spesies burung seperti jalak bali (*Leucopsar rothschildi*) dan burung rangkong (*Buceros*) juga mendiami kawasan ini. Kawasan ini merupakan tempat pertemuan bagi beberapa spesies yang memiliki kesamaan dengan fauna Asia dan Australia, seperti berbagai jenis kucing hutan dan monyet, serta spesies yang hanya ditemukan di pulau-pulau kecil seperti Bali dan Lombok.

▷ Kawasan Indonesia Bagian Timur

Kawasan Indonesia Bagian Timur meliputi pulau-pulau seperti Papua, Maluku, dan Nusa Tenggara Timur, yang memiliki fauna yang lebih mirip dengan fauna yang ditemukan di Australia dan Papua Nugini. Kawasan ini memiliki tingkat endemisitas yang sangat tinggi, artinya banyak spesies yang hanya dapat ditemukan di daerah ini. Fauna di kawasan ini menunjukkan pengaruh dari daratan

Australia, terutama di Papua, yang memiliki banyak spesies yang lebih mirip dengan fauna yang ada di benua tersebut.



Walabi-hippopx.com

Beberapa contoh fauna khas di kawasan Indonesia Bagian Timur antara lain *kasuari* (*Casuarius casuarius*), burung besar yang tidak bisa terbang dan terkenal karena keindahan warna bulunya, serta burung cenderawasih (*Paradisaeidae*), yang terkenal dengan bulu-bulu warna-warni pada pejantan yang digunakan untuk menarik perhatian betina. Kawasan ini juga menjadi rumah bagi berbagai spesies mamalia, seperti babirusa (*Babyrousa babyrussa*) yang hanya ditemukan di Sulawesi, serta komodo (*Varanus komodoensis*), kadal terbesar di dunia yang hanya ditemukan di pulau Komodo, Rinca, dan beberapa pulau kecil di sekitarnya.

Di kawasan ini juga terdapat berbagai spesies reptil, seperti ular piton, walabi dan bunglon, serta fauna laut yang melimpah, termasuk berbagai jenis ikan dan mamalia laut seperti paus sperma (*Physeter macrocephalus*) dan lumba-lumba yang sering ditemukan di perairan sekitar Papua dan Maluku.

Peran dan Kegunaan Keanekaragaman Hayati di Indonesia

Keanekaragaman hayati di Indonesia memberikan manfaat besar bagi kehidupan manusia, baik langsung maupun tidak langsung. Tanaman seperti padi, jagung, dan ubi jalar menjadi sumber pangan utama, sementara tumbuhan lain dimanfaatkan untuk obat-obatan dan kosmetik. Hutan dan laut menyediakan bahan bangunan serta mendukung pariwisata alam. Selain bernilai estetika dan ilmiah, keanekaragaman hayati juga berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung kehidupan sehari-hari. Berikut adalah beberapa fungsi dan manfaat utama keanekaragaman hayati di Indonesia:

a. Keanekaragaman Hayati sebagai Sumber Pangan

Keanekaragaman hayati Indonesia mendukung ketahanan pangan nasional melalui beragam sumber pangan dari pertanian dan perikanan. Tanaman seperti padi, jagung, ubi, dan singkong menjadi bahan makanan pokok, sementara hasil laut seperti ikan, udang, dan kerang menyediakan sumber protein

utama. Keberagaman ini memungkinkan petani memilih spesies yang sesuai dengan kondisi lingkungan dan permintaan pasar. Selain memenuhi kebutuhan domestik, produk pangan Indonesia, termasuk tuna dan udang, berkontribusi pada ekspor dan membuka lapangan kerja bagi masyarakat.

Contoh Pengaplikasian:

- ▷ **Padi (*Oryza sativa*):** Padi adalah sumber utama karbohidrat di Indonesia, terutama di pulau-pulau seperti Jawa, Bali, dan Sumatra. Beras yang dihasilkan dari padi menjadi makanan pokok hampir seluruh lapisan masyarakat.
- ▷ **Ikan Tuna (*Thunnus*):** Ikan tuna, yang ditemukan di perairan Indonesia, adalah sumber utama protein yang dikonsumsi oleh masyarakat lokal dan diekspor ke luar negeri. Sumber daya laut ini memberikan kontribusi besar terhadap ketahanan pangan dan ekonomi Indonesia.
- ▷ **Ubi Jalar (*Ipomoea batatas*):** Sebagai sumber karbohidrat alternatif, ubi jalar banyak dikonsumsi di berbagai daerah dan juga digunakan dalam berbagai produk olahan makanan.



Buah Tropis-www.astronauts.id

b. Keanekaragaman Hayati sebagai Sumber Obat-obatan

Keanekaragaman hayati Indonesia menyediakan berbagai tanaman dan mikroorganisme yang bermanfaat dalam pengobatan tradisional dan modern. Tanaman seperti kunyit, sambiloto, dan sirsak mengandung senyawa aktif yang terbukti berkhasiat untuk mengatasi peradangan, kanker, dan masalah pencernaan. Penelitian terus mengembangkan obat berbasis alam yang lebih efektif, sementara mikroorganisme juga berperan dalam produksi obat dan vaksin.

Contoh Pengaplikasian:

- ▷ **Kunyit (*Curcuma longa*):** Kunyit digunakan sebagai bahan utama dalam obat tradisional untuk mengatasi peradangan dan gangguan pencernaan. Zat aktif dalam kunyit, yaitu kurkumin, juga digunakan dalam penelitian obat untuk penyakit kanker karena memiliki sifat anti-inflamasi dan antioksidan yang dapat membantu mengatasi peradangan dan meningkatkan fungsi tubuh secara keseluruhan.
- ▷ **Daun Sirsak (*Annona muricata*):** Daun sirsak dikenal memiliki kandungan antioksidan dan antiinflamasi yang bermanfaat untuk meningkatkan daya tahan tubuh. Penelitian modern pun menunjukkan bahwa ekstrak daun sirsak dapat digunakan dalam terapi kanker sebagai pengobatan alternatif yang menjanjikan.
- ▷ **Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*):** Temulawak banyak digunakan dalam ramuan jamu untuk meningkatkan nafsu makan dan memperbaiki fungsi hati, serta memiliki efek antiinflamasi.



Buah Merah-www.nabire.net

c. Keanekaragaman Hayati sebagai Sumber Kosmetik

Keanekaragaman hayati Indonesia berperan penting dalam industri kosmetik sebagai penyedia bahan alami untuk perawatan kulit, rambut, dan tubuh. Tanaman seperti lidah buaya, minyak kelapa, dan bunga melati memiliki khasiat kecantikan dan kesehatan kulit. Selain digunakan di dalam negeri, bahan-bahan ini juga diekspor sebagai bahan baku produk kecantikan alami dan ramah lingkungan.

Contoh Pengaplikasian:

- ▷ **Minyak Kelapa (*Cocos nucifera*):** Minyak kelapa digunakan secara luas dalam produk perawatan kulit dan rambut. Kandungan asam lemak dalam minyak kelapa menjadikannya pelembab alami yang sangat baik. Minyak kelapa (*Cocos nucifera*) misalnya, digunakan dalam berbagai produk kosmetik seperti pelembap, sabun, dan shampo karena kemampuannya dalam menjaga kelembapan kulit dan rambut. Kandungan asam laurat dalam minyak kelapa juga dapat membantu memperbaiki struktur kulit dan melindungi dari kerusakan akibat paparan sinar matahari.
- ▷ **Aloe Vera (*Aloe barbadensis*):** Lidah buaya digunakan dalam produk perawatan kulit untuk mengatasi masalah kulit kering dan iritasi. Juga digunakan untuk membantu regenerasi kulit dan menyembuhkan luka bakar. Begitu juga dengan lidah buaya (*Aloe vera*) yang memiliki sifat menenangkan kulit, menyembuhkan luka, dan mencegah iritasi. Ekstraknya sering ditemukan dalam produk perawatan kulit dan rambut. Industri kosmetik Indonesia kini semakin memanfaatkan bahan-bahan alami dari keanekaragaman hayati untuk memproduksi kosmetik yang lebih sehat dan aman bagi penggunaannya.
- ▷ **Bunga Melati (*Jasminum sambac*):** Bunga melati digunakan dalam pembuatan parfum karena aromanya yang harum dan menenangkan. Selain itu, ekstrak bunga melati juga digunakan dalam produk perawatan tubuh.



Bunga Cendana sebagai bahan baku Parfum- www.greeners.com

d. Keanekaragaman Hayati sebagai Sumber Sandang

Keanekaragaman hayati berperan penting dalam industri tekstil, menyediakan bahan baku seperti kapas, abaca, dan serat alam lainnya. Industri tekstil Indonesia memanfaatkan sumber daya ini untuk menciptakan produk ramah lingkungan dan berkelanjutan. Selain memenuhi kebutuhan domestik, produk tekstil berbasis alam juga diekspor ke pasar internasional, mendukung pertumbuhan industri dan kerajinan berbahan alami.

Contoh Pengaplikasian:

- ▷ **Kapas (*Gossypium*):** Kapas (*Gossypium*) adalah tanaman yang sangat penting dalam industri tekstil, terutama di Jawa dan Sumatra, yang merupakan daerah penghasil kapas terbesar di Indonesia. Selain itu, serat alam lainnya, seperti abaca (*Musa textilis*), digunakan untuk membuat tas, tali, dan berbagai produk kerajinan tangan. Kapas adalah sumber utama bahan baku tekstil yang digunakan untuk membuat kain dan pakaian. Indonesia memiliki banyak lahan yang menghasilkan kapas, yang juga menjadi produk ekspor.
- ▷ **Serat Alam (*Abaca*):** Abaca adalah tanaman yang tumbuh di daerah tropis Indonesia dan digunakan untuk membuat kain, tali, dan berbagai produk kerajinan. Serat abaca dikenal karena

kekuatan dan daya tahannya. . Abaca dikenal karena kekuatannya yang luar biasa, yang membuatnya ideal untuk pembuatan barang-barang yang tahan lama.

- ▷ **Batok Kelapa (*Cocos nucifera*):** Batok kelapa, yang sering dibuang sebagai limbah, digunakan untuk membuat produk kerajinan seperti tas, dompet, dan berbagai aksesoris. Batok kelapa juga digunakan untuk pembuatan produk kerajinan tangan dan aksesoris, seperti tas dan dompet, yang dapat dijual di pasar lokal dan internasional. Oleh karena itu, keanekaragaman hayati Indonesia memberikan peluang ekonomi yang signifikan bagi industri sandang.

e. Keanekaragaman Hayati sebagai Sumber Papan

Hutan Indonesia yang kaya akan berbagai jenis pohon merupakan sumber daya alam yang sangat berharga dalam penyediaan bahan baku kayu untuk berbagai keperluan. Kayu dari pohon-pohon seperti jati, merbau, dan mahoni digunakan dalam industri furnitur dan konstruksi. Selain itu, kayu dari berbagai jenis pohon di Indonesia juga dimanfaatkan dalam pembuatan produk kerajinan tangan, papan, dan bahan bangunan lainnya. Hutan yang kaya akan sumber daya alam ini tidak hanya memberikan bahan baku untuk industri, tetapi juga berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan keberagaman hayati.

Contoh Pengaplikasian:

- ▷ **Kayu Jati (*Tectona grandis*):** Kayu jati (*Tectona grandis*) adalah salah satu jenis kayu yang sangat dihargai di Indonesia dan di seluruh dunia karena kekuatannya yang luar biasa dan ketahanan terhadap cuaca. Kayu ini digunakan dalam pembuatan furnitur, lantai, dan produk bangunan lainnya. Kayu jati dikenal dengan kekuatannya yang luar biasa dan ketahanannya terhadap cuaca, sehingga banyak digunakan untuk pembuatan furnitur dan konstruksi bangunan.



Kayu Jati-indobild.com

- ▷ **Kayu Merbau (*Intsia bijuga*):** Kayu merbau (*Intsia bijuga*) juga dikenal dengan ketahanannya terhadap cuaca dan serangan hama, menjadikannya pilihan utama dalam pembuatan perabot rumah tangga. Kayu merbau digunakan dalam pembuatan lantai dan perabotan rumah tangga yang tahan lama dan estetik.
- ▷ **Rotan (*Calamus spp.*):** rotan yang berasal dari pohon rotan (*Calamus spp.*) digunakan dalam pembuatan furnitur dan kerajinan tangan, yang menjadi produk unggulan ekspor Indonesia. Rotan digunakan dalam pembuatan furnitur, keranjang, dan produk kerajinan lainnya, yang menjadi bagian penting dari industri perabotan di Indonesia.

f. Keanekaragaman Hayati sebagai Aspek Budaya

Keanekaragaman hayati Indonesia memiliki nilai budaya yang tinggi, menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan masyarakat adat. Flora dan fauna digunakan dalam upacara adat, pangan, serta kepercayaan tradisional. Alam juga berperan dalam cerita rakyat dan mitos, mencerminkan hubungan erat antara budaya lokal dan lingkungan.

Contoh Pengaplikasian:

- ▷ **Pohon Beringin (*Ficus benjamina*):** Pohon beringin sering digunakan dalam upacara adat di berbagai daerah di Indonesia. Di Bali, pohon beringin dianggap sebagai simbol kehidupan dan sering ditemukan di pura-pura untuk ritual keagamaan. Pohon beringin (*Ficus benjamina*), misalnya,

memiliki makna spiritual yang mendalam bagi masyarakat Bali dan sering digunakan dalam upacara keagamaan sebagai simbol kehidupan dan kesuburan

- ▷ **Kerang Mutiara (*Pinctada maxima*):** Kerang mutiara digunakan dalam kerajinan tangan dan perhiasan, yang juga menjadi bagian dari budaya lokal di daerah pesisir.
- ▷ Begitu juga dengan **bunga melati (*Jasminum sambac*)**, yang tidak hanya digunakan dalam produk kosmetik tetapi juga memiliki nilai simbolis dalam upacara adat dan perayaan di banyak daerah di Indonesia. Dalam kehidupan sehari-hari, banyak juga masyarakat yang memanfaatkan tanaman dan hewan untuk tujuan upacara, seperti daun kelor yang digunakan dalam ritual, serta kerang mutiara yang digunakan dalam pembuatan perhiasan adat.



Kerang Mutiara-mongabay.co.id

g. Keanekaragaman Hayati sebagai Sumber Plasma Nutfah

Keanekaragaman hayati Indonesia berperan penting dalam menyediakan plasma nutfah sebagai sumber daya genetik untuk pengembangan varietas unggul tanaman dan hewan. Dalam pertanian, plasma nutfah meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan perubahan iklim serta memperbaiki hasil panen. Dalam peternakan, keberagaman genetik membantu menciptakan hewan unggul yang lebih tahan penyakit dan menghasilkan produk berkualitas. Keanekaragaman ini krusial untuk menjaga ketahanan pangan di masa depan.

Contoh Pengaplikasian:

- ▷ **Padi (*Oryza sativa*):** Berbagai varietas padi di Indonesia memiliki keanekaragaman genetik yang memungkinkan petani memilih varietas yang paling cocok dengan kondisi tanah dan iklim setempat, meningkatkan hasil panen dan ketahanan terhadap hama.

- ▷ **Kambing Etawa (*Capra aegagrus hircus*):** Kambing Etawa adalah contoh dari pemanfaatan plasma nutfah dalam bidang peternakan yang menghasilkan produk susu kambing yang kaya akan manfaat kesehatan. Kambing Etawa (*Capra aegagrus hircus*), yang dikenal dengan kualitas susu yang baik, adalah contoh dari pemanfaatan plasma nutfah dalam peternakan untuk menghasilkan produk susu yang memiliki manfaat kesehatan tinggi. Dengan memanfaatkan keanekaragaman genetik ini, Indonesia dapat menjaga ketahanan pangan dan terus berkembang dalam dunia pertanian dan peternakan.



Anak kambing etawa – Canva Studio

Contoh Soal

Indonesia merupakan negara megabiodiversitas dengan tingkat keanekaragaman hayati yang sangat tinggi. Namun, salah satu tantangan terbesar dalam pelestarian keanekaragaman hayati di Indonesia adalah:

- A. Peningkatan jumlah spesies yang terancam punah
- B. Pengelolaan kawasan konservasi yang efisien
- C. Kebijakan pemerintah yang kurang mendukung
- D. Berkurangnya populasi manusia
- E. Penurunan permintaan pasar terhadap produk pertanian

Jawaban Benar: B. Pengelolaan kawasan konservasi yang efisien

Penjelasan:

Salah satu tantangan terbesar dalam melestarikan keanekaragaman hayati di Indonesia adalah pengelolaan kawasan konservasi yang efisien. Meskipun Indonesia memiliki banyak taman nasional dan cagar alam, pengelolannya seringkali terkendala oleh kurangnya sumber daya, perusakan habitat, dan perubahan iklim yang mempengaruhi ekosistem alami.



Biologipedia

Keanekaragaman Hayati di Indonesia

▷ "Indonesia, Rumah bagi Keanekaragaman Dunia"

Indonesia memiliki lebih dari 30.000 spesies tumbuhan, 1.500 spesies burung, dan ribuan spesies hewan lainnya, menjadikannya negara dengan keanekaragaman hayati tertinggi kedua di dunia setelah Brasil!

▷ "Flora dan Fauna Khas Indonesia"

Indonesia adalah rumah bagi banyak spesies endemik yang tidak dapat ditemukan di tempat lain, seperti orangutan Sumatra, Komodo, dan bunga *Rafflesia arnoldii* yang terkenal dengan ukuran bunga terbesar di dunia.

▷ "Kekayaan Laut yang Tak Tertandingi"

Laut Indonesia adalah bagian dari Segitiga Terumbu Karang Dunia, yang memiliki lebih dari 500 spesies koral dan 3.000 jenis ikan, menjadikannya salah satu ekosistem laut paling kaya di dunia.





4. Terancamnya Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati di seluruh dunia, termasuk di Indonesia, menghadapi ancaman yang serius yang dapat menyebabkan hilangnya berbagai spesies. Salah satu penyebab utama hilangnya keanekaragaman hayati adalah hilangnya habitat alami, seperti akibat konversi hutan menjadi lahan pertanian atau pembangunan infrastruktur. Ketika habitat alami hilang, banyak spesies kehilangan tempat tinggal dan sumber daya yang diperlukan untuk bertahan hidup. Selain itu, pencemaran tanah, air, dan udara juga berdampak negatif terhadap ekosistem, merusak kualitas lingkungan yang mendukung kehidupan berbagai spesies. Perubahan iklim, yang disebabkan oleh peningkatan gas rumah kaca, mengubah suhu dan pola cuaca, mengganggu siklus hidup spesies tertentu yang tidak dapat beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan tersebut. Eksploitasi berlebihan terhadap tanaman dan hewan, seperti perburuan liar dan penebangan hutan secara ilegal, juga mempercepat hilangnya spesies. Adanya spesies pendatang yang membawa penyakit atau bersaing dengan spesies lokal dapat mengguncang keseimbangan ekosistem yang ada. Terakhir, industrialisasi pertanian dan hutan, dengan penggunaan pestisida dan praktek pertanian intensif lainnya, dapat menyebabkan kerusakan pada tanah dan lingkungan yang mendukung kehidupan alam. Berikut adalah penjelasan lebih lengkap mengenai masing-masing faktor tersebut:

Hilangnya Habitat

Hilangnya habitat alami adalah salah satu faktor utama yang menyebabkan menurunnya keanekaragaman hayati. Habitat, seperti hutan, lahan basah, dan padang rumput, merupakan tempat tinggal bagi banyak spesies yang bergantung pada kondisi lingkungan tertentu untuk bertahan hidup. Di Indonesia, deforestasi atau penebangan hutan secara besar-besaran untuk membuka lahan pertanian dan pemukiman telah menyebabkan banyak spesies kehilangan rumahnya. Deforestasi yang terjadi terutama di pulau Sumatra, Kalimantan, dan Papua mengancam keberadaan berbagai spesies endemik, seperti orangutan, harimau sumatera, dan gajah.

Contoh Kejadian di Indonesia:



*Orangutan Kehilangan Habitatnya-
cikoneng-ciamis.desa.id*

- a. **Hutan Kalimantan dan Sumatra:** Pembukaan lahan untuk perkebunan kelapa sawit dan penebangan hutan secara ilegal telah menyebabkan kehancuran hutan yang merupakan habitat alami bagi orangutan sumatera (*Pongo abelii*) dan orangutan kalimantan (*Pongo pygmaeus*). Hal ini menyebabkan penurunan populasi orangutan secara drastis, dengan habitat mereka yang terus menyusut.
- b. **Desa-desa di sekitar Hutan:** Di beberapa desa di Papua dan Sulawesi, pembangunan pemukiman dan pertanian telah mengurangi ruang hidup bagi satwa liar, seperti babirusa dan kasuari, yang kini terancam punah karena hilangnya habitat.

Pencemaran Tanah, Air, dan Udara

Pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti industri, pertanian, dan sampah plastik, memiliki dampak buruk yang besar terhadap ekosistem dan makhluk hidup di dalamnya. Pencemaran tanah, air, dan udara dapat menyebabkan kerusakan serius pada lingkungan dan kehidupan yang bergantung padanya. Pencemaran tanah dan air dapat meracuni spesies tanaman dan hewan yang hidup di lingkungan tersebut, sementara pencemaran udara berkontribusi pada perubahan iklim yang semakin memperburuk kondisi kehidupan.



Pencemaran Air Sungai Citarum-detik.com

Contoh Kejadian di Indonesia:

- a. **Kebakaran Hutan dan Kabut Asap:** Setiap tahun, Indonesia mengalami kebakaran hutan di Kalimantan dan Sumatra, yang menyebabkan polusi udara yang sangat buruk, yang dikenal dengan fenomena kabut asap. Selain merusak kualitas udara, kebakaran ini juga menghancurkan habitat banyak spesies, seperti harimau sumatera dan orangutan, dan menyebabkan kematian banyak spesies akibat asap dan kehilangan tempat tinggal.
- b. **Polusi Air di Sungai Citarum:** Sungai Citarum di Jawa Barat merupakan salah satu sungai paling tercemar di dunia. Limbah industri dan sampah domestik mengalir ke sungai, meracuni ekosistem perairan dan mengancam keberlangsungan hidup ikan dan makhluk hidup lainnya di ekosistem air tawar.

Perubahan Iklim

Perubahan iklim yang disebabkan oleh pemanasan global memberikan dampak yang signifikan terhadap keanekaragaman hayati di Indonesia. Perubahan suhu, pola curah hujan, dan cuaca ekstrem dapat mengganggu siklus hidup spesies dan merusak ekosistem. Beberapa spesies tidak dapat beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan ini dan akhirnya punah, sementara spesies lain mungkin berkembang biak di daerah yang tidak sesuai dengan habitat aslinya.

Contoh Kejadian di Indonesia:

- a. **Kerusakan Terumbu Karang di Raja Ampat:** Perubahan suhu air laut yang meningkat menyebabkan pemutihan terumbu karang di Raja Ampat, Papua. Terumbu karang yang dulunya menjadi habitat bagi banyak spesies ikan tropis dan organisme laut kini terancam mati karena suhu laut yang lebih panas.
- b. **Perubahan Musim di Pulau Bali:** Perubahan iklim menyebabkan ketidakteraturan musim hujan dan kemarau di Bali, yang mempengaruhi pola pertanian dan ketahanan pangan. Selain itu, perubahan iklim juga berdampak pada migrasi spesies burung dan gangguan pada ekosistem pertanian.

Eksplorasi Tanaman dan Hewan

Eksplorasi berlebihan terhadap tanaman dan hewan, baik untuk konsumsi manusia maupun komoditas perdagangan, telah menyebabkan penurunan populasi banyak spesies. Pemburuan liar, penangkapan ikan berlebihan, dan perdagangan satwa liar ilegal mengancam keberlanjutan spesies-spesies yang sudah terancam punah. Keberadaan mereka sangat bergantung pada regulasi yang tepat dan upaya pelestarian untuk mengurangi dampak eksplorasi ini.

Contoh Kejadian di Indonesia:

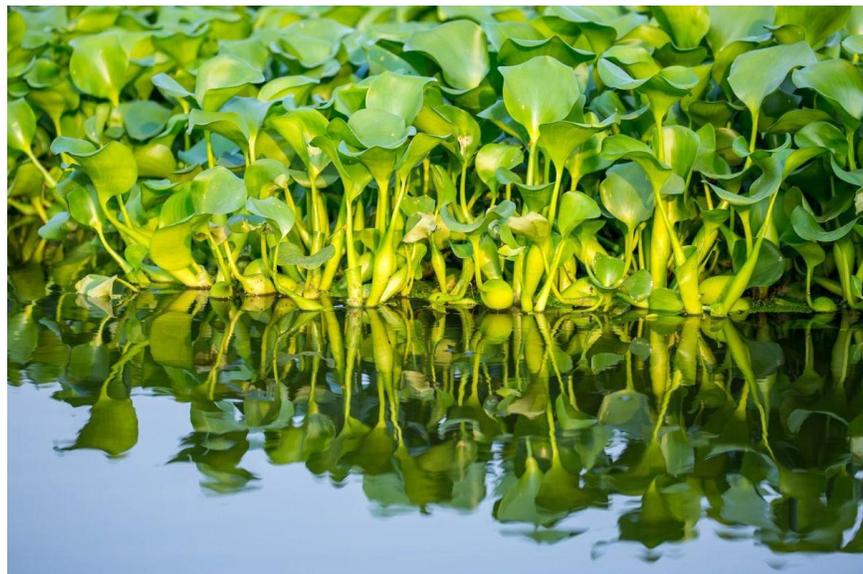
- a. **Perburuan Harimau Sumatera:** Perburuan liar harimau sumatera untuk kulit dan bagian tubuh lainnya yang berharga di pasar gelap, serta perusakan habitatnya, telah menyebabkan penurunan jumlah harimau sumatera. Kini, harimau sumatera menjadi salah satu spesies yang terancam punah di Indonesia.
- b. **Ikan Paus dan Lumba-lumba:** Penangkapan paus dan lumba-lumba untuk perdagangan internasional dan pariwisata telah menurunkan jumlah populasi spesies ini. Selain itu, penggunaan pukat harimau dalam penangkapan ikan komersial juga merusak habitat laut yang penting bagi kehidupan paus dan lumba-lumba.

Adanya Spesies Pendatang

Kehadiran spesies pendatang atau invasif dapat mengguncang ekosistem lokal dan mengancam spesies endemik yang sudah ada sebelumnya. Spesies invasif sering kali tidak memiliki musuh alami di lingkungan baru, sehingga dapat berkembang biak dengan cepat dan mengambil alih sumber daya yang dibutuhkan oleh spesies lokal. Di Indonesia, spesies seperti ular piton, ikan lele, dan tanaman seperti eceng gondok telah menjadi ancaman bagi ekosistem lokal.

Contoh Kejadian di Indonesia:

- a. **Penyebaran Eceng Gondok:** Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), yang berasal dari Amerika Selatan, telah menyebar di banyak danau dan sungai di Indonesia, seperti Danau Toba dan Sungai Citarum. Keberadaan eceng gondok mengganggu ekosistem air dengan menutupi permukaan air, mengurangi oksigen dalam air, dan mempengaruhi kehidupan organisme akuatik.
- b. **Penyebaran Ular Piton di Pulau Kalimantan:** Ular piton yang dibawa oleh manusia sebagai hewan peliharaan atau untuk perdagangan sering kali dilepasliarkan, menyebabkan kerusakan pada fauna lokal, termasuk spesies mamalia kecil dan burung yang menjadi mangsa mereka.



Eceng Gondok-detik.com

Industrialisasi Pertanian dan Hutan



Food Estate-Kumparan.com

Industri pertanian dan kehutanan yang berkembang pesat di Indonesia telah membawa dampak besar terhadap keanekaragaman hayati. Pembukaan lahan untuk perkebunan kelapa sawit, produksi karet, dan pertambangan telah menyebabkan deforestasi besar-besaran yang mengancam habitat banyak spesies. Selain itu, praktik pertanian intensif yang menggunakan pestisida dan pupuk kimia dapat merusak tanah dan air, mengurangi keberagaman spesies tumbuhan dan hewan yang ada.

Contoh Kejadian di Indonesia:

- a. **Perkebunan Kelapa Sawit di Kalimantan dan Sumatra:** Pembukaan lahan untuk perkebunan kelapa sawit di Kalimantan dan Sumatra telah mengurangi luas hutan tropis yang merupakan habitat asli berbagai spesies, seperti orangutan, gajah sumatera, dan harimau sumatera. Ekspansi perkebunan ini juga menyebabkan kerusakan tanah dan polusi air yang berdampak pada kehidupan flora dan fauna.
- b. **Penebangan Hutan untuk Industri Kertas:** Penebangan hutan secara ilegal untuk memenuhi kebutuhan industri kertas dan pulp telah menyebabkan kerusakan parah pada ekosistem hutan hujan tropis di Indonesia, yang mengancam habitat spesies endemik dan mengurangi kemampuan hutan dalam menyerap karbon.



Contoh Soal

Salah satu penyebab hilangnya keanekaragaman hayati adalah perusakan habitat. Bagaimana perusakan habitat dapat menyebabkan kepunahan spesies?

- A. Mengurangi kualitas udara di ekosistem
- B. Menurunkan kemampuan spesies untuk berkembang biak
- C. Meningkatkan populasi predator alami
- D. Menambah jumlah spesies yang mendukung ekosistem
- E. Meningkatkan interaksi antar spesies yang tidak alami

Jawaban Benar: B. Menurunkan kemampuan spesies untuk berkembang biak

Penjelasan:

Perusakan habitat, seperti deforestasi atau konversi lahan untuk pertanian, mengurangi ruang hidup spesies dan mengganggu proses reproduksi mereka. Tanpa habitat yang sesuai, spesies tidak dapat berkembang biak atau bertahan hidup, yang akhirnya menyebabkan penurunan populasi dan bahkan kepunahan.



Biologipedia

Terancamnya Keanekaragaman Hayati

▷ "Deforestasi: Menghilangkan Rumah Bagi Jutaan Spesies"

Setiap detik, sekitar 1,5 hektar hutan tropis hilang akibat penebangan liar dan konversi lahan, menyebabkan kehilangan habitat penting bagi ribuan spesies yang terancam punah.

▷ "Perubahan Iklim: Ancaman Global bagi Keanekaragaman Hayati"

Perubahan suhu dan pola cuaca yang tidak terduga mengganggu pola migrasi, musim perkembangbiakan, dan penyebaran spesies, mengancam banyak kehidupan yang tidak dapat beradaptasi dengan cepat.

▷ "Spesies Pendatang: Pengganggu Ekosistem"

Spesies asing yang dibawa manusia ke habitat baru sering kali mengancam spesies lokal, berkompetisi untuk sumber daya, atau membawa penyakit yang menghancurkan keseimbangan ekosistem yang ada.





5. Strategi Pelestarian Keanekaragaman Hayati

Pelestarian keanekaragaman hayati merupakan langkah penting untuk memastikan keberlanjutan kehidupan di Bumi. Berbagai upaya telah dilakukan untuk melindungi ekosistem dan spesies yang terancam punah, baik melalui pendekatan **konservasi in situ** (di habitat alami) maupun **konservasi ex situ** (di luar habitat alami, seperti kebun binatang atau bank genetik). **Kawasan konservasi** seperti taman nasional dan suaka margasatwa memainkan peran penting dalam melindungi habitat alami dan spesies endemik. Selain itu, **rehabilitasi dan restorasi habitat** juga menjadi strategi kunci untuk memperbaiki ekosistem yang rusak, seperti penanaman kembali hutan atau pemulihan terumbu karang.

Pelestarian keanekaragaman hayati penting agar generasi mendatang dapat memanfaatkan kekayaan alam. Upaya yang dilakukan meliputi perlindungan kawasan konservasi seperti taman nasional dan cagar alam, serta rehabilitasi habitat yang rusak melalui penghijauan dan restorasi ekosistem. Pendidikan masyarakat dan kebijakan pemerintah juga berperan dalam meningkatkan kesadaran serta mendukung konservasi. Teknologi bioteknologi dan genetika, seperti pembiakan di penangkaran dan kloning, membantu melestarikan spesies langka.



Cagar Biosfer Cibodas- inilahonline.com

Pengawasan dan penegakan hukum terhadap perusakan habitat, perburuan liar, dan eksploitasi berlebihan sangat penting dalam upaya pelestarian. Regulasi yang jelas dan penegakan yang tegas membantu melindungi spesies yang terancam dan mencegah kerusakan lebih lanjut. **Pendidikan dan pemberdayaan masyarakat** juga merupakan bagian penting dari pelestarian keanekaragaman hayati, karena masyarakat lokal memiliki peran besar dalam mengelola dan menjaga keberlanjutan ekosistem di sekitar mereka. Dengan meningkatkan kesadaran tentang pentingnya keberagaman hayati, diharapkan masyarakat lebih peduli dan berpartisipasi dalam usaha konservasi.

Selain itu, **pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan** sangat diperlukan untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan manusia dan keberlanjutan ekosistem. Ini termasuk penggunaan sumber daya alam secara bijaksana, seperti pertanian organik, pengelolaan hutan lestari, dan produksi energi terbarukan.

Kerjasama internasional juga sangat penting, mengingat keanekaragaman hayati tidak mengenal batas negara. Indonesia, sebagai negara dengan keanekaragaman hayati yang sangat tinggi, harus terus berkomitmen dalam melestarikan ekosistem melalui berbagai kerja sama global dan teknologi yang dapat

mempercepat upaya pelestarian. Pelestarian keanekaragaman hayati bukan hanya tanggung jawab pemerintah, tetapi juga seluruh lapisan masyarakat, sektor swasta, dan organisasi internasional.

Tabel Satwa Liar yang Dilindungi

Nama Satwa	Nama Latin	Status Perlindungan	Wilayah Sebaran
Harimau Sumatera	<i>Panthera tigris sumatrae</i>	Terancam Punah (Endangered)	Sumatra
Orangutan Sumatera	<i>Pongo abelii</i>	Terancam Punah (Endangered)	Sumatra
Gajah Sumatera	<i>Elephas maximus sumatranus</i>	Terancam Punah (Endangered)	Sumatra
Komodo	<i>Varanus komodoensis</i>	Rentan (Vulnerable)	Pulau Komodo, Rinca, Flores
Badak Jawa	<i>Rhinoceros sondaicus</i>	Kritis (Critically Endangered)	Jawa
Burung Cenderawasih	<i>Paradisaeidae</i>	Rentan (Vulnerable)	Papua
Paus Sperma	<i>Physeter macrocephalus</i>	Hampir Terancam Punah (Near Threatened)	Perairan Indonesia
Kanguru Pohon	<i>Dendrolagus</i>	Rentan (Vulnerable)	Papua dan Maluku
Kasuari	<i>Casuarius casuarius</i>	Rentan (Vulnerable)	Papua dan Maluku
Macan Tutul Jawa	<i>Panthera pardus melas</i>	Kritis (Critically Endangered)	Jawa

Tabel Tumbuhan Liar yang Dilindungi

Nama Tumbuhan	Nama Latin	Status Perlindungan	Wilayah Sebaran
<i>Rafflesia arnoldii</i>	<i>Rafflesia arnoldii</i>	Terancam Punah (Endangered)	Sumatra, Kalimantan
<i>Amorphophallus titanum</i>	<i>Amorphophallus titanum</i>	Terancam Punah (Endangered)	Sumatra, Kalimantan, Jawa
Pohon Jati	<i>Tectona grandis</i>	Rentan (Vulnerable)	Jawa, Bali, Nusa Tenggara
Pohon Merbau	<i>Intsia bijuga</i>	Rentan (Vulnerable)	Kalimantan, Papua
Pohon Mahoni	<i>Swietenia macrophylla</i>	Rentan (Vulnerable)	Sumatra, Kalimantan

Nama Tumbuhan	Nama Latin	Status Perlindungan	Wilayah Sebaran
Cendana	<i>Santalum album</i>	Rentan (<i>Vulnerable</i>)	Sumatra, Bali, Nusa Tenggara
Pohon Ramin	<i>Gonystylus bancanus</i>	Terancam Punah (<i>Endangered</i>)	Kalimantan, Sumatra
Anggrek Bulan	<i>Phalaenopsis amabilis</i>	Rentan (<i>Vulnerable</i>)	Seluruh Indonesia
Kayu Putih	<i>Melaleuca leucadendra</i>	Rentan (<i>Vulnerable</i>)	Kalimantan, Sulawesi
Pohon Puspa	<i>Schima wallichii</i>	Rentan (<i>Vulnerable</i>)	Jawa, Sumatra

Contoh Soal

Di antara langkah-langkah berikut, manakah yang paling efektif dalam pelestarian keanekaragaman hayati di kawasan yang terancam oleh deforestasi?

- A. Meningkatkan konsumsi produk berbasis kayu
- B. Membangun lebih banyak kawasan perkebunan kelapa sawit
- C. Melaksanakan restorasi habitat dan penghijauan
- D. Mengurangi produksi pangan organik
- E. Membuka lebih banyak lahan untuk pemukiman

Jawaban Benar: C. Melaksanakan restorasi habitat dan penghijauan

Penjelasan:

Restorasi habitat dan penghijauan adalah langkah yang sangat efektif dalam pelestarian keanekaragaman hayati. Dengan mengembalikan vegetasi alami ke area yang telah terdegradasi, kita dapat menyediakan kembali habitat bagi spesies yang terganggu dan meningkatkan kualitas tanah serta sumber daya alam lainnya.





Strategi Pelestarian Keanekaragaman Hayati

▷ "Taman Nasional: Perlindungan Alam yang Aman"

Indonesia memiliki lebih dari 50 taman nasional yang berfungsi sebagai kawasan konservasi untuk melindungi habitat alami dan spesies langka, seperti orangutan dan harimau sumatra, agar tetap lestari.

▷ "Rehabilitasi Hutan: Menanam untuk Masa Depan"

Proyek rehabilitasi hutan, seperti yang dilakukan di Kalimantan dan Sumatra, membantu memulihkan ekosistem yang rusak akibat deforestasi dan mengembalikan keseimbangan alam dengan menanam pohon-pohon asli.

▷ "Program Penangkaran: Melestarikan Spesies Terancam Punah"

Program penangkaran spesies seperti Komodo, harimau sumatra, dan badak jawa membantu meningkatkan populasi spesies langka melalui pembiakan di luar alam liar dan memperkenalkan mereka kembali ke habitat asli.





6. Klasifikasi Makhluk Hidup

Klasifikasi makhluk hidup adalah proses pengelompokan organisme berdasarkan kesamaan ciri untuk mempermudah pemahaman dan studi ilmiah. Taksonomi, ilmu yang mempelajari klasifikasi ini, mencakup penamaan dan pengelompokan makhluk hidup secara sistematis dari tingkat kingdom hingga spesies. Sistem klasifikasi berkembang seiring waktu, awalnya berdasarkan morfologi, fungsi, dan habitat, serta berperan penting dalam memahami hubungan evolusi antarorganisme.

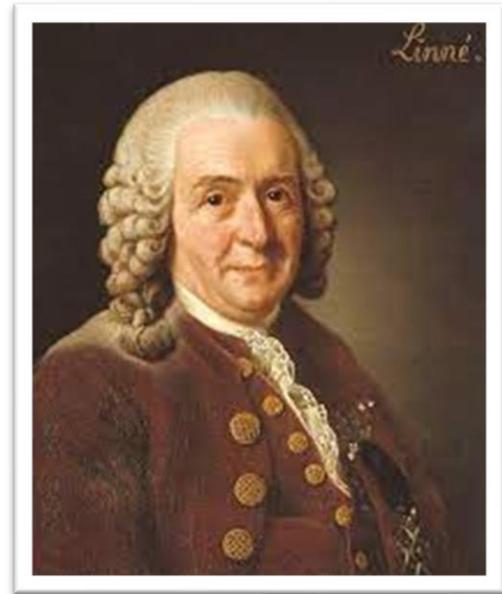
Tokoh Ilmuwan Klasifikasi Makhluk Hidup

a. Aristoteles (384-322 SM)

Aristoteles, seorang filsuf Yunani kuno, adalah salah satu orang pertama yang mencoba mengklasifikasikan makhluk hidup. Ia mengelompokkan organisme menjadi dua kelompok besar: Plantae (tumbuhan) dan Animalia (hewan). Meskipun klasifikasi ini sangat sederhana dan tidak didasarkan pada hubungan evolusi, Aristoteles memulai dasar dari sistem pengelompokan makhluk hidup berdasarkan ciri-ciri yang dapat diamati.

b. Carolus Linnaeus (1707-1778)

Carolus Linnaeus, seorang ilmuwan Swedia, dikenal sebagai bapak taksonomi modern. Linnaeus mengembangkan sistem klasifikasi yang lebih sistematis, yang dikenal dengan binomial nomenclature atau nomenklatur binomial, di mana setiap organisme diberi nama ilmiah yang terdiri dari dua kata: genus dan spesies. Sistem ini mempermudah komunikasi antar ilmuwan dari berbagai belahan dunia. Linnaeus juga mengelompokkan makhluk hidup ke dalam hierarki yang terdiri dari kingdom, phylum, class, order, family, genus, dan species, yang masih digunakan dalam sistem klasifikasi hingga sekarang.



Carolus Linnaeus-wikipedia.com

c. Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829)

Jean-Baptiste Lamarck, seorang ilmuwan asal Prancis, mengusulkan teori evolusi awal yang dikenal sebagai Lamarckisme, yang menyatakan bahwa spesies dapat berubah melalui penggunaan atau ketidakgunaan organ tubuh mereka. Meskipun banyak ide Lamarck yang sudah terbukti salah, ia memiliki kontribusi penting dalam menyarankan adanya hubungan evolusioner antar spesies, yang nantinya akan mempengaruhi cara kita memandang klasifikasi makhluk hidup.

d. Charles Darwin (1809-1882)

Charles Darwin, dengan teori evolusi melalui seleksi alam yang diperkenalkan pada abad ke-19, memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk klasifikasi filogenetik. Darwin menunjukkan bahwa semua spesies memiliki nenek moyang yang sama dan bahwa spesies berkembang dan beradaptasi melalui seleksi alam. Teori ini mempengaruhi sistem klasifikasi dengan cara mengaitkan spesies berdasarkan kekerabatan evolusinya, bukan hanya kemiripan morfologinya.

e. Ernst Haeckel (1834-1919)

Ernst Haeckel adalah seorang ilmuwan Jerman yang memperkenalkan sistem tiga kingdom, yang membagi kehidupan menjadi tiga kategori besar: Plantae, Animalia, dan Protista (untuk organisme yang

tidak dapat dikategorikan sebagai tumbuhan atau hewan). Haeckel juga menciptakan konsep filogenetik, yang mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan kekerabatan evolusioner.

f. Robert Whittaker (1920-1980)

Robert Whittaker, seorang ahli biologi Amerika, mengusulkan sistem lima kingdom pada tahun 1969, yang membagi kehidupan menjadi lima kategori utama: Monera (bakteri dan organisme prokariotik lainnya), Protista (organisme uniseluler), Fungi (jamur), Plantae (tumbuhan), dan Animalia (hewan). Sistem lima kingdom ini menggantikan sistem sebelumnya yang hanya mengenal tiga kingdom.

g. Carl Woese (1928-2012)

Carl Woese, seorang mikrobiologis Amerika, mengembangkan sistem klasifikasi tiga domain, yang memisahkan kehidupan menjadi tiga kelompok besar: Bacteria, Archaea, dan Eukarya. Sistem ini didasarkan pada analisis urutan genetik dan sangat penting dalam menggali hubungan kekerabatan antara organisme, terutama mikroorganisme yang tidak dapat diklasifikasikan dengan mudah menggunakan ciri morfologi.

Dasar-Dasar Klasifikasi

Klasifikasi makhluk hidup adalah cara ilmuwan mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan kemiripan dan perbedaan sifat. Tujuan utama klasifikasi adalah untuk memudahkan dalam mempelajari, mengenali, dan mengidentifikasi spesies. Sistem klasifikasi yang umum digunakan di seluruh dunia adalah sistem taksonomi yang membagi organisme ke dalam kelompok-kelompok yang lebih kecil dan lebih spesifik. Klasifikasi dilakukan dengan memperhatikan berbagai ciri, seperti morfologi, fisiologi, dan sifat genetik makhluk hidup. Secara historis, klasifikasi didasarkan pada kesamaan tampilan fisik, tetapi seiring berjalannya waktu, teknologi molekuler dan analisis DNA semakin banyak digunakan untuk memahami hubungan evolusi antar spesies.

a. Klasifikasi Sistem Alamiah

Klasifikasi sistem alamiah adalah pendekatan pengelompokan makhluk hidup yang berfokus pada ciri-ciri alami atau karakteristik struktural yang dimiliki oleh organisme. Sistem ini berusaha untuk mengelompokkan organisme berdasarkan kesamaan mendalam dalam aspek biologis mereka. Dalam sistem alamiah, organisme yang memiliki banyak kesamaan dalam struktur tubuh, cara hidup, dan fungsi fisiologis akan dikelompokkan dalam takson yang sama.

Pendekatan ini menekankan bahwa pengelompokan organisme tidak hanya didasarkan pada ciri-ciri fisik yang terlihat, tetapi juga pada sifat-sifat yang lebih mendalam, seperti cara organisme beradaptasi dengan lingkungan dan proses biologis yang mereka jalani. **Carolus Linnaeus** adalah salah satu ilmuwan yang mempopulerkan sistem ini pada abad ke-18 dengan memperkenalkan klasifikasi berdasarkan karakteristik fisik dan morfologi organisme.

Contoh:

Pada kelompok **Plantae** (tumbuhan), sistem alamiah dapat mengelompokkan tanaman berdasarkan struktur organ seperti daun, bunga, dan akar yang memiliki ciri-ciri serupa. Tanaman berbunga dengan bentuk daun yang mirip atau fungsi fotosintesis yang serupa dikelompokkan dalam satu kelompok.

b. Klasifikasi Sistem Artifisial

Klasifikasi sistem artifisial mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan karakteristik yang lebih mudah diamati dan lebih sederhana, tanpa memperhitungkan hubungan evolusi atau kekerabatan mereka. Sistem ini menggunakan ciri-ciri yang dapat dilihat langsung, seperti warna, bentuk tubuh, dan ukuran. Meskipun klasifikasi ini lebih praktis untuk tujuan tertentu, seperti identifikasi sementara atau pembuatan katalog, ia tidak memperhitungkan hubungan biologis yang lebih mendalam antara spesies.

Contohnya, dalam sistem artifisial, tanaman mungkin dikelompokkan hanya berdasarkan bentuk bunga atau daun mereka, meskipun mereka mungkin memiliki perbedaan yang signifikan dalam hal genetika atau ekologi.

Contoh:

Tanaman dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok utama berdasarkan warna bunga (merah dan putih), meskipun kelompok tersebut memiliki hubungan genetika yang sangat berbeda.

c. Klasifikasi Sistem Filogenetik

Sistem filogenetik adalah pendekatan klasifikasi yang berfokus pada hubungan evolusi antara spesies. Dalam sistem ini, organisme diklasifikasikan berdasarkan garis keturunan mereka, yakni bagaimana mereka berevolusi dari leluhur bersama. Pendekatan ini menggunakan bukti dari fosil dan analisis genetika untuk membangun pohon kehidupan yang menunjukkan hubungan antar spesies.

d. Klasifikasi Sistem Modern

Sistem Klasifikasi sistem filogenetik adalah pendekatan yang mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan hubungan evolusi mereka. Sistem ini mengandalkan konsep filogeni, yang menggambarkan sejarah dan hubungan kekerabatan antara spesies berdasarkan data genetik dan morfologi. Dalam sistem ini, taksonomi bukan hanya didasarkan pada persamaan ciri fisik, tetapi juga pada kekerabatan sejarah yang tercermin dalam struktur genetik dan pola evolusi.

Konsep ini pertama kali dipopulerkan oleh **Charles Darwin** melalui teori evolusinya. Klasifikasi filogenetik menggunakan pohon keluarga (*phylogenetic tree*) untuk menggambarkan hubungan antar spesies berdasarkan nenek moyang bersama mereka. Semakin dekat hubungan antara dua spesies, semakin dekat pula keduanya dalam pengelompokan taksonomi.

Contoh:

Pada kelas **Mammalia**, kelompok mamalia yang lebih dekat secara filogenetik, seperti manusia (*Homo sapiens*) dan simpanse (*Pan troglodytes*), dikelompokkan dalam genus yang sama karena memiliki banyak kesamaan dalam hal struktur genetik dan perilaku, meskipun secara morfologis terdapat perbedaan yang jelas.

Tingkatan Takson dalam Klasifikasi

Taksonomi adalah cabang biologi yang mempelajari pengelompokan makhluk hidup berdasarkan kesamaan dan perbedaan cirinya. Sistem klasifikasi modern bersifat hierarkis, dimulai dari tingkat paling luas (kingdom) hingga paling spesifik (spesies). Setiap tingkat dalam hierarki ini disebut takson dan mencakup organisme dengan ciri tertentu. Sistem klasifikasi yang digunakan saat ini mengacu pada sistem Linnaeus, yang menyusun tingkatan takson dari yang paling umum hingga paling khusus. Berikut adalah tingkatan-tingkatan takson dalam klasifikasi makhluk hidup:

a. Kingdom

Kingdom adalah tingkatan taksonomi yang paling tinggi. Organisme dalam kingdom memiliki ciri-ciri dasar yang sangat umum, seperti kemampuan untuk berfungsi sebagai organisme hidup. Ada beberapa kingdom yang dikenal dalam taksonomi modern, seperti Animalia (hewan), Plantae (tumbuhan), Fungi (jamur), Protista (organisme uniseluler), dan Monera (bakteri).

Contoh:

- ▷ **Kingdom Animalia:** Memuat semua organisme yang termasuk dalam kategori hewan, mulai dari serangga kecil hingga mamalia besar seperti gajah dan paus.

- ▷ **Kingdom Plantae:** Memuat semua jenis tumbuhan, dari tumbuhan kecil seperti lumut hingga pohon besar seperti jati dan merbau.

b. Phylum

Phylum adalah tingkatan taksonomi yang lebih rendah dari kingdom. Organisme dalam satu phylum memiliki ciri-ciri struktural yang lebih spesifik yang membedakan mereka dari phylum lainnya. Phylum mengelompokkan organisme berdasarkan struktur tubuh mereka, seperti bentuk tubuh, simetri tubuh, atau sistem organ yang dimiliki. Setiap phylum mencakup kelompok yang lebih kecil lagi, seperti kelas, ordo, dan seterusnya.

Contoh:

- ▷ **Phylum Chordata (Vertebrata):** Organisme dalam phylum ini memiliki tulang belakang atau notokord, seperti ikan, burung, reptil, amfibi, dan mamalia.
- ▷ **Phylum Arthropoda:** Organisme dalam phylum ini memiliki exoskeleton (kerangka luar), segmen tubuh, dan kaki bercabang, seperti serangga, laba-laba, dan udang.

c. Classis

Classis adalah tingkatan di bawah phylum. Organisme dalam satu kelas memiliki ciri-ciri lebih spesifik yang membedakan mereka dari kelas lainnya. Sebagai contoh, pada phylum Chordata terdapat kelas Mammalia (mamalia) yang memiliki ciri khas seperti kelenjar susu dan rambut. Organisme dalam satu kelas memiliki ciri-ciri yang lebih spesifik dibandingkan dengan kelompoknya yang lebih luas, yaitu phylum. Dalam satu kelas, kita dapat mengidentifikasi lebih banyak ciri struktural dan fisiologis yang lebih mendalam yang membedakan satu kelas dari kelas lainnya.

Contoh:

- ▷ **Kelas Mammalia (Mamalia):** Organisme dalam kelas ini memiliki kelenjar susu dan rambut pada tubuhnya, seperti manusia, singa, dan paus.
- ▷ **Kelas Aves (Burung):** Organisme dalam kelas ini memiliki sayap, tubuh bersisik, dan kemampuan bertelur, seperti burung elang, merpati, dan ayam.

d. Ordo

Ordo adalah tingkatan yang lebih spesifik di bawah classis. Organisme dalam satu ordo memiliki ciri-ciri yang lebih dekat lagi. Organisme dalam satu ordo memiliki kesamaan lebih lanjut dalam struktur tubuh dan perilaku. Ordo lebih spesifik daripada kelas, namun masih cukup luas, dan mencakup beberapa famili yang memiliki ciri-ciri yang lebih dekat. Contoh, dalam kelas Mammalia, ada ordo Carnivora yang mencakup hewan pemakan daging seperti singa dan harimau.

Contoh:

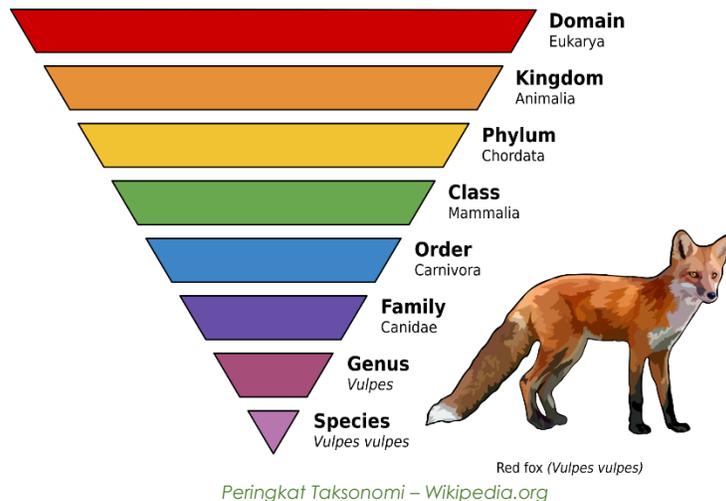
- ▷ **Ordo Carnivora:** Organisme dalam ordo ini umumnya adalah pemakan daging dan memiliki gigi taring yang tajam, seperti singa, harimau, dan serigala.
- ▷ **Ordo Primates:** Organisme dalam ordo ini memiliki tangan yang dapat menggenggam, otak yang relatif besar, dan kehidupan sosial yang kompleks, seperti manusia, simpanse, dan monyet.

e. Familia

Familia adalah kelompok taksonomi yang lebih kecil di bawah ordo. Organisme dalam satu familia memiliki kesamaan dalam struktur dan perilaku. Misalnya, ordo Carnivora mencakup familia Felidae (kucing) yang mencakup hewan seperti kucing, singa, dan harimau. Organisme dalam satu familia memiliki ciri-ciri yang lebih spesifik dan sangat mirip satu sama lain. Organisme dalam satu familia biasanya berbagi ciri-ciri fisik yang lebih banyak dan memiliki hubungan yang lebih dekat dalam hal evolusi.

Contoh:

- ▷ **Familia Felidae (Keluarga Kucing):** Organisme dalam familia ini adalah pemangsa, memiliki tubuh ramping, dan cakar tajam, seperti kucing rumah, singa, dan macan tutul.
- ▷ **Familia Canidae (Keluarga Anjing):** Organisme dalam familia ini memiliki sifat sosial, gigi taring, dan hidup dalam kelompok, seperti anjing, serigala, dan rakun.



f. Genus

Genus adalah tingkatan taksonomi yang lebih rendah dari familia. Organisme dalam satu genus sangat mirip dalam hal struktur tubuh, perilaku, dan ekologi. Nama genus ditulis dengan huruf kapital dan biasanya mencakup beberapa spesies yang memiliki kesamaan yang lebih mendalam. Genus juga mencerminkan hubungan evolusi yang lebih dekat antar spesies yang tergabung dalamnya.

Contoh:

- ▷ **Genus Panthera:** Genus ini mencakup beberapa spesies kucing besar, seperti singa (*Panthera leo*), harimau (*Panthera tigris*), dan macan tutul (*Panthera pardus*).
- ▷ **Genus Homo:** Genus ini mencakup spesies manusia, seperti manusia modern (*Homo sapiens*) dan spesies manusia purba seperti *Homo neanderthalensis*.

g. Species

Species adalah tingkatan taksonomi yang paling rendah dan paling spesifik dalam hierarki taksonomi. Organisme dalam satu spesies memiliki ciri-ciri yang sangat mirip satu sama lain dan dapat saling berkembang biak, menghasilkan keturunan yang subur. Spesies adalah unit dasar dalam taksonomi yang menggambarkan individu yang memiliki karakteristik fisik dan genetika yang hampir identik.

Contoh:

- ▷ **Spesies Homo sapiens:** Spesies manusia modern, yang memiliki kemampuan berpikir, berbicara, dan berbudaya yang kompleks.
- ▷ **Spesies Panthera leo:** Singa, yang dikenal dengan keberadaannya di sabana Afrika dan merupakan predator puncak di ekosistem tersebut.

h. Varietas atau Ras

Varietas Dalam klasifikasi makhluk hidup, istilah **varietas** dan **ras** sering digunakan untuk menggambarkan individu dalam suatu spesies yang memiliki ciri-ciri tertentu yang berbeda, namun masih tetap dapat

berkembang biak dan menghasilkan keturunan yang subur. Meskipun sering digunakan secara bergantian, kedua istilah ini memiliki pengertian yang sedikit berbeda, terutama dalam konteks tanaman dan hewan.

▷ **Varietas**

Varietas merujuk pada variasi alami dalam spesies yang terjadi karena perbedaan genetik atau pengaruh lingkungan. Varietas adalah kelompok individu dalam satu spesies yang memiliki perbedaan fisik tertentu, seperti warna, bentuk, ukuran, atau kemampuan adaptasi terhadap kondisi lingkungan, namun tetap dapat menghasilkan keturunan yang subur jika disilangkan dengan individu dari spesies yang sama. Pada umumnya, varietas terjadi di alam tanpa campur tangan manusia dan sering kali dihasilkan oleh faktor lingkungan atau adaptasi terhadap kondisi lingkungan tertentu.



Varietas Padi Unggul Indonesia-Liputan6.com

Contoh dari varietas adalah pada tanaman padi, di mana terdapat varietas padi yang berbeda warna bijinya, seperti padi putih, padi merah, atau padi hitam, meskipun semuanya masih termasuk dalam spesies *Oryza sativa*. Varietas padi ini mungkin memiliki perbedaan dalam ketahanan terhadap hama atau penyakit, tetapi masih memiliki kemampuan untuk berkembang biak dan menghasilkan keturunan yang serupa.

Dalam dunia pertanian, varietas tanaman sangat penting karena mereka dapat lebih cocok dengan kondisi iklim atau tanah tertentu. Petani dapat memilih varietas tanaman yang paling sesuai dengan kondisi geografis dan iklim setempat, yang pada gilirannya dapat meningkatkan hasil pertanian.

▷ **Kultivar**

Kultivar adalah varietas tanaman budidaya yang dikembangkan melalui pemuliaan untuk meningkatkan ciri-ciri tertentu seperti ukuran, rasa, atau ketahanan terhadap penyakit. Berbeda dengan varietas alami, kultivar diciptakan oleh manusia melalui teknik tradisional atau rekayasa genetika untuk memenuhi kebutuhan pertanian dan hortikultura. Contohnya, *Malus domestica* 'Fuji' adalah kultivar apel yang dikembangkan agar lebih manis dan renyah. Dalam konteks tanaman, kultivar memungkinkan produksi massal dengan sifat genetik terkontrol, meningkatkan hasil pertanian, dan memenuhi permintaan pasar, sedangkan untuk hewan digunakan istilah "ras".

Sistem Tata Nama Makhluk Hidup

Sistem tata nama makhluk hidup, atau nomenklatur binomial, adalah cara ilmuwan memberi nama spesies. Nama spesies terdiri dari dua bagian: genus (nama pertama) dan spesies (nama kedua). Misalnya, nama ilmiah manusia adalah *Homo sapiens*, di mana *Homo* adalah genus dan *sapiens* adalah spesies. Sistem ini memudahkan ilmuwan untuk mengidentifikasi dan mendiskusikan spesies di seluruh dunia tanpa kebingungannya berbagai nama lokal atau regional. Dalam klasifikasi makhluk hidup, setiap organisme diberi nama ilmiah yang unik dan baku, yang memungkinkan ilmuwan di seluruh dunia untuk berkomunikasi secara efektif mengenai spesies tertentu. Sistem ini dikenal sebagai **binomial nomenclature** atau **nomenklatur binomial**, yang diperkenalkan oleh **Carolus Linnaeus** pada abad ke-18. Sistem ini menggunakan dua kata untuk memberi nama setiap organisme: kata pertama menunjukkan **genus**, dan kata kedua menunjukkan **spesies**. Nama ilmiah ini biasanya ditulis dalam bahasa Latin atau Yunani, meskipun digunakan di seluruh dunia untuk memberikan keseragaman dalam penamaan.

a. Kaidah dalam Binomial Nomenclature

Ada beberapa kaidah atau aturan yang harus diikuti dalam sistem binomial nomenclature, yang memastikan bahwa nama ilmiah makhluk hidup ditulis dan digunakan dengan cara yang konsisten dan universal. Berikut adalah kaidah-kaidah penting dalam sistem tata nama binomial nomenclature:

- ▷ **Dua Kata yang Diterapkan:** Nama ilmiah terdiri dari dua bagian, yaitu nama **genus** dan **spesies**. Nama genus selalu ditulis dengan huruf kapital, sementara nama spesies ditulis dengan huruf kecil. Kedua nama ini dicetak miring atau digarisbawahi ketika ditulis tangan. Contohnya, *Homo sapiens* (manusia modern) dan *Panthera leo* (singa).
- ▷ **Penggunaan Bahasa Latin atau Latinisasi:** Nama ilmiah makhluk hidup selalu menggunakan bahasa Latin atau Latinisasi, meskipun bahasa tersebut tidak lagi digunakan sebagai bahasa percakapan sehari-hari. Hal ini dilakukan untuk menjaga keseragaman internasional. Dalam hal nama genus, terkadang nama tersebut diambil dari bahasa Yunani atau bahasa lain yang kemudian dilatinisasi.
- ▷ **Konsistensi dalam Penulisan:** Nama ilmiah makhluk hidup harus ditulis dengan cara yang konsisten. Selain nama genus dan spesies, apabila ada subspecies atau varietas, bagian ini juga ditambahkan setelah spesies dengan huruf kecil. Misalnya, *Homo sapiens sapiens* (manusia modern).
- ▷ **Penggunaan Nama Ilmiah Secara Universal:** Nama ilmiah makhluk hidup digunakan secara universal di seluruh dunia untuk menghindari kebingungannya penggunaan nama umum yang berbeda di berbagai bahasa atau daerah. Hal ini sangat penting, terutama untuk spesies yang memiliki banyak nama daerah atau bahasa yang berbeda-beda.
- ▷ **Penggunaan Nama Ilmiah dalam Format Katalog:** Nama ilmiah digunakan oleh ilmuwan untuk katalog spesies dalam buku atau database ilmiah. Ini memungkinkan spesies yang sama dapat dikenal dan ditemukan di seluruh dunia, meskipun mereka berasal dari negara atau bahasa yang berbeda.

Selain aturan dasar yang telah disebutkan, ada beberapa kaidah tambahan yang mengatur penamaan ilmiah, termasuk:

- ▷ **Prioritas Nama:** Jika ada dua atau lebih nama untuk organisme yang sama, nama yang pertama kali diterbitkan atau digunakan dalam literatur ilmiah menjadi nama yang sah dan harus dipakai. Ini dikenal sebagai prinsip prioritas.
- ▷ **Penulisan Nama yang Ditemukan dalam Literatur:** Ketika penulisan nama ilmiah, sering kali penulis menyertakan nama orang yang pertama kali mendeskripsikan spesies tersebut. Ini bisa ditemukan dengan menambahkan nama penulis setelah nama spesies, contohnya *Panthera leo* L. (di mana "L." merujuk pada Linnaeus yang pertama kali mendeskripsikan spesies tersebut).
- ▷ **Penamaan Subspesies atau Varietas:** Jika spesies memiliki subspecies atau varietas yang berbeda, maka subspecies atau varietas tersebut juga diberi nama dengan tambahan setelah nama spesies. Misalnya, *Panthera leo persica* untuk singa India, subspecies dari singa.

b. Manfaat Binomial Nomenclature

Sistem binomial nomenclature memiliki banyak manfaat, di antaranya:

- ▷ **Konsistensi Internasional:** Dengan adanya sistem penamaan ilmiah yang baku dan universal, ilmuwan di seluruh dunia dapat berkomunikasi secara efektif dan konsisten mengenai spesies yang sama, meskipun mereka berbicara dalam bahasa yang berbeda.
- ▷ **Menghindari Ambiguitas:** Nama umum spesies bisa berbeda di berbagai bahasa atau daerah, sementara nama ilmiah yang menggunakan binomial nomenclature memberikan satu nama yang sah dan dikenali di seluruh dunia, menghindari kebingungannya penggunaan nama umum yang berbeda-beda.

- ▷ **Mempermudah Identifikasi:** Nama ilmiah yang unik memungkinkan ilmuwan dengan mudah mengidentifikasi dan mempelajari organisme, serta mengetahui ciri-ciri dan habitatnya yang lebih mendalam.
- ▷ **Penelitian yang Lebih Sistematis:** Sistem binomial memungkinkan peneliti dan ahli biologi untuk melakukan riset dan analisis dengan pendekatan yang sistematis, karena mereka dapat dengan jelas mengidentifikasi setiap spesies dan hubungan evolusionernya dengan spesies lainnya.

Perkembangan Klasifikasi Makhluk Hidup

Perkembangan sistem klasifikasi makhluk hidup mencerminkan pemahaman manusia yang semakin dalam tentang hubungan evolusi dan keragaman hayati. Awalnya, sistem klasifikasi hanya terdiri dari dua kingdom (*Plantae* dan *Animalia*), lalu berkembang menjadi lima dan enam kingdom, hingga akhirnya menjadi sistem tiga domain yaitu, *Archaea*, *Bacteria*, dan *Eukarya*. Perubahan ini didorong oleh kemajuan ilmu pengetahuan, terutama dalam bidang morfologi, genetika, dan teknologi molekuler seperti analisis DNA, yang memungkinkan pengungkapan hubungan genetik antar spesies. Sistem klasifikasi terus disempurnakan untuk mengelompokkan organisme berdasarkan kesamaan dan perbedaan ciri-ciri mereka, sehingga membantu pemahaman yang lebih baik tentang keragaman dan hubungan kehidupan di bumi.

a. Sistem Dua Kingdom

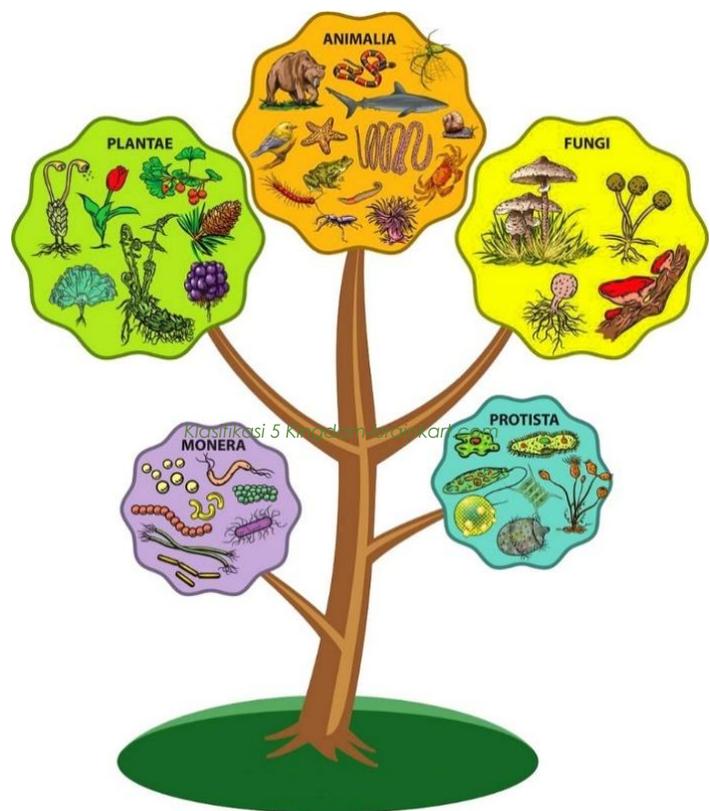
Pada awalnya, makhluk hidup dikelompokkan menjadi dua kelompok besar: *Plantae* (tumbuhan) dan *Animalia* (hewan). Sistem ini diperkenalkan oleh Carolus Linnaeus pada abad ke-18. Meskipun sederhana dan mudah dipahami, sistem ini tidak dapat menjelaskan keberagaman hidup yang sangat luas, terutama mikroorganisme, yang tidak dapat dikategorikan secara jelas sebagai tumbuhan atau hewan.

b. Sistem Tiga Kingdom

Pada abad ke-19, ilmuwan mulai menyadari bahwa ada kelompok organisme yang tidak sepenuhnya mirip dengan tumbuhan atau hewan. Sistem tiga kingdom, yang mengelompokkan organisme menjadi *Plantae*, *Animalia*, dan *Protista*, mulai diperkenalkan. *Protista* mencakup organisme yang lebih sederhana, seperti alga, protozoa, dan jamur mikroskopis. Sistem ini memberikan penjelasan lebih baik tentang keragaman makhluk hidup yang lebih kompleks, tetapi masih kurang memadai dalam memisahkan prokariota dan eukariota.

c. Sistem Empat Kingdom

Pada pertengahan abad ke-20, sistem empat kingdom diperkenalkan dengan menambahkan kingdom *Monera* untuk mengelompokkan organisme prokariotik, seperti bakteri. Sistem ini membagi makhluk hidup menjadi empat kingdom: *Plantae*, *Animalia*, *Protista*, dan *Monera*. Penambahan *Monera* memungkinkan klasifikasi organisme yang lebih tepat, tetapi sistem ini tetap



memiliki keterbatasan dalam mengelompokkan organisme berdasarkan perbedaan yang lebih mendalam dalam struktur seluler.

d. Sistem Lima Kingdom

Pada tahun 1969, Robert Whittaker mengusulkan sistem lima kingdom yang lebih lengkap dengan menambahkan kingdom *Fungi* untuk mengklasifikasikan jamur, yang sebelumnya dimasukkan dalam *Plantae*. Sistem ini membagi makhluk hidup menjadi lima kelompok: *Monera*, *Protista*, *Fungi*, *Plantae*, dan *Animalia*. Sistem ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang perbedaan dalam struktur dan fungsi organisme, terutama dengan memperkenalkan jamur sebagai kelompok yang terpisah.

e. Sistem Enam Kingdom

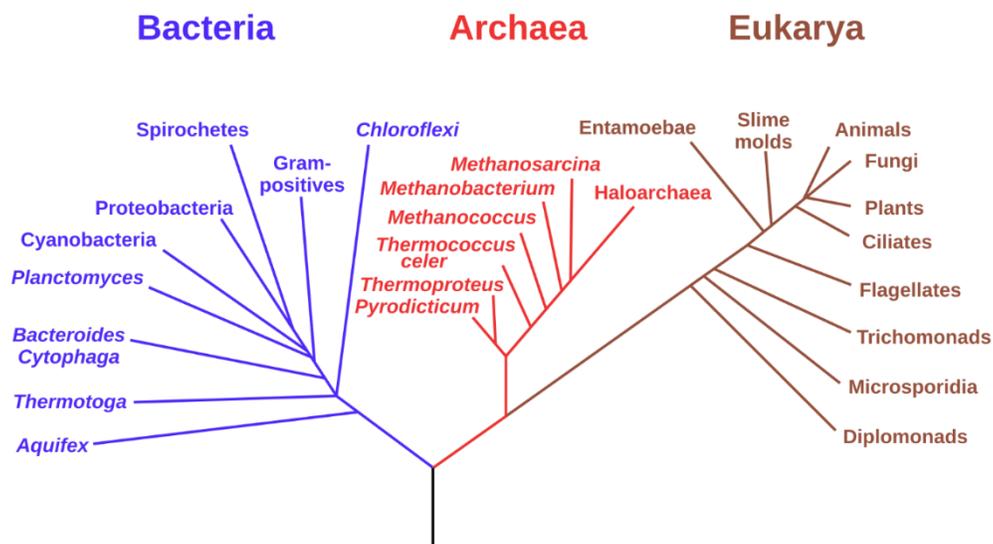
Pada tahun 1990, Carl Woese mengusulkan sistem enam kingdom yang memisahkan *Monera* menjadi dua kelompok: *Bacteria* dan *Archaea*. Sistem ini mengelompokkan makhluk hidup menjadi: *Bacteria*, *Archaea*, *Protista*, *Fungi*, *Plantae*, dan *Animalia*. Sistem ini semakin memudahkan pemahaman hubungan evolusi antar kelompok organisme, dengan memisahkan dua domain prokariotik yang sangat berbeda—Bakteri dan Arkea.

f. Sistem Delapan Kingdom

Pada tahun 2000-an, konsep sistem delapan kingdom mulai diperkenalkan dengan lebih memperjelas perbedaan dalam *Protista*, yang dibagi menjadi beberapa kelompok lebih spesifik. Dalam sistem ini, *Protista* dibagi lebih lanjut menjadi kingdom-kingdom yang lebih kecil dan lebih spesifik, seperti *Chromista* dan *Plantae* yang dipisahkan. Sistem ini sangat memperhatikan aspek molekuler dan genetik untuk memperjelas perbedaan antar organisme yang lebih rumit.

g. Sistem Tiga Domain

Sistem ini dikembangkan oleh Carl Woese berdasarkan analisis genetik dan molekuler. Tiga domain utama dalam sistem ini adalah: *Bacteria* (bakteri), *Archaea* (sejenis bakteri yang ekstrem), dan *Eukarya* (organisme yang memiliki sel dengan inti sejati, termasuk tumbuhan, hewan, dan jamur). Sistem ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan evolusi makhluk hidup dan menunjukkan bahwa perbedaan antara Bakteri dan Arkea jauh lebih besar daripada yang diperkirakan sebelumnya. Sistem tiga domain lebih menggambarkan dasar dari evolusi kehidupan dan memperkenalkan pembagian organisme yang lebih mendalam berdasarkan genetik.



Sistem Tiga Domain-wikipedia.com

Identifikasi Makhluk Hidup

Identifikasi makhluk hidup adalah proses mengenali, menamai, dan mengklasifikasikan organisme berdasarkan ciri fisik, perilaku, dan genetik. Taksonomi berperan penting dalam menentukan kelompok suatu organisme melalui pengamatan morfologi serta analisis genetik. Ilmuwan menggunakan alat identifikasi, seperti buku panduan atau aplikasi digital, untuk mengenali spesies baru dan mendokumentasikan keanekaragaman hayati. Identifikasi yang akurat mendukung penelitian konservasi dengan memantau spesies langka atau terancam punah. Sistem klasifikasi dan tata nama ilmiah membantu dalam pengelompokan organisme, sementara kunci determinasi sering digunakan untuk mempermudah proses identifikasi. Salah satu metode yang sering digunakan untuk memudahkan identifikasi adalah melalui kunci determinasi.

a. Kunci Determinasi

Kunci determinasi adalah alat yang digunakan untuk membantu ilmuwan atau pengamat dalam mengidentifikasi spesies makhluk hidup berdasarkan karakteristik yang dimiliki. Kunci ini disusun dalam bentuk serangkaian pertanyaan atau pernyataan yang diikuti dengan pilihan jawaban yang mengarah pada identifikasi spesies tertentu. Kunci determinasi sangat berguna dalam mengidentifikasi spesies baru atau dalam klasifikasi taksonomi, karena memberikan panduan sistematis yang mengarahkan pengguna untuk memilih ciri-ciri yang sesuai dengan spesies yang dimaksud.

Kunci determinasi bekerja berdasarkan **dua pilihan yang saling bertentangan**, yang dikenal sebagai **couplet**. Pada setiap langkah, pengguna memilih karakteristik yang paling sesuai dengan organisme yang sedang diidentifikasi. Proses ini akan berlanjut hingga spesies dapat diidentifikasi berdasarkan kesamaan dengan salah satu pilihan yang ada dalam kunci tersebut.

Contoh kunci determinasi bisa berbentuk seperti ini:

- ▷ **Apakah tanaman ini memiliki bunga berwarna merah atau putih?**
 - A. Bunga merah (lanjut ke langkah 2)
 - B. Bunga putih (lanjut ke langkah 3)
- ▷ **Apakah bunga memiliki lima kelopak atau lebih?**
 - A. Lima kelopak: **Identifikasi sebagai spesies A**
 - B. Lebih dari lima kelopak: **Identifikasi sebagai spesies B**

Kunci determinasi sangat berguna dalam botani, zoologi, dan bidang-bidang lain yang memerlukan identifikasi spesies berdasarkan ciri-ciri morfologi.

b. Contoh Identifikasi Spesies dengan Kunci Determinasi Sederhana

Untuk memberikan pemahaman lebih lanjut tentang cara kerja kunci determinasi, berikut adalah contoh identifikasi spesies tanaman menggunakan kunci determinasi sederhana.

Contoh Kunci Determinasi Tanaman:

- ▷ **Apakah daun tanaman bergerigi atau rata?**
 - A. Daun bergerigi: lanjut ke pertanyaan 2
 - B. Daun rata: lanjut ke pertanyaan 3
- ▷ **Apakah daun tanaman memiliki tulang daun sejajar atau menyirip?**
 - A. Sejajar: **Spesies 1**
 - B. Menyirip: **Spesies 2**

▷ **Apakah bunga tanaman berwarna merah atau biru?**

- A. Merah: **Spesies 3**
- B. Biru: **Spesies 4**

Dengan menggunakan kunci determinasi ini, pengguna dapat dengan mudah mengidentifikasi tanaman dengan memeriksa ciri-ciri tertentu, seperti bentuk daun dan warna bunga. Misalnya, jika tanaman yang diamati memiliki daun bergerigi dan tulang daun sejajar, maka spesies yang ditemukan adalah **Spesies 1**.

Contoh Soal

Jika dua spesies memiliki kemiripan genetik yang sangat tinggi dan bisa saling berkembang biak dengan keturunan yang subur, maka keduanya dapat dikelompokkan dalam:

- A. Genus yang sama
- B. Ordo yang berbeda
- C. Kingdom yang sama
- D. Kelas yang berbeda
- E. Famili yang berbeda

Jawaban Benar: A. Genus yang sama

Penjelasan:

Spesies yang memiliki kesamaan genetik yang tinggi dan dapat berkembang biak dengan keturunan yang subur biasanya akan dikelompokkan dalam genus yang sama. Genus mencakup spesies yang memiliki banyak kesamaan dalam struktur tubuh dan genetika, yang menunjukkan hubungan kekerabatan yang erat.



Biologipedia

Klasifikasi Makhluk Hidup

▷ **"Klasifikasi: Mengungkap Rahasia Kehidupan"**

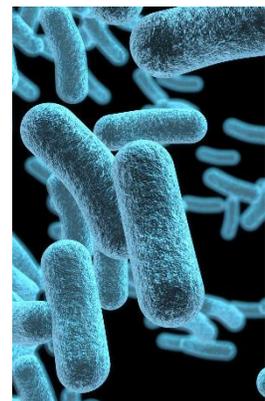
Klasifikasi makhluk hidup membantu ilmuwan mengelompokkan organisme berdasarkan kesamaan ciri-ciri fisik dan genetika, seperti sebuah "peta kehidupan" yang memudahkan kita memahami hubungan antar spesies.

▷ **"Taksonomi: Ilmu yang Menamai Dunia"**

Dengan sistem binomial nomenclature, setiap makhluk hidup memiliki dua nama ilmiah—genus dan spesies—misalnya *Homo sapiens* untuk manusia, yang membantu menghindari kebingungannya nama umum yang berbeda di berbagai daerah.

▷ **"Tiga Domain: Klasifikasi Terbaru yang Mengubah Pandangan"**

Sistem tiga domain membagi kehidupan menjadi Archaea, Bacteria, dan Eukarya, mengubah cara kita melihat dunia mikroskopis dan menunjukkan bahwa kehidupan yang tampak berbeda sebenarnya berbagi akar evolusi yang lebih dalam.



Rangkuman

Klasifikasi makhluk hidup adalah proses penting dalam biologi yang memungkinkan kita untuk memahami keberagaman hayati yang ada di Bumi. Dengan sistem taksonomi yang terstruktur, kita dapat mengelompokkan organisme berdasarkan kesamaan ciri-ciri dan hubungan evolusi mereka. Proses ini dimulai dengan pengelompokan organisme dalam tingkat yang luas (kingdom) hingga tingkat yang lebih spesifik (spesies), serta mendalami variasi dalam spesies itu sendiri melalui kategori seperti varietas dan ras.

Sistem klasifikasi makhluk hidup, yang awalnya dipelopori oleh Carolus Linnaeus dengan sistem binomial nomenclature, terus berkembang seiring dengan penemuan baru dalam ilmu pengetahuan, terutama dalam bidang genetika dan filogeni. Konsep-konsep seperti sistem filogenetik dan penggunaan analisis DNA semakin memperbaiki cara kita memahami hubungan antar spesies dan menciptakan sistem klasifikasi yang lebih akurat.

Penggunaan kunci determinasi dalam identifikasi makhluk hidup sangat penting untuk mengenali spesies baru atau yang belum dikenal. Alat ini mempermudah ilmuwan dan pengamat dalam mengidentifikasi makhluk hidup dengan cara yang terstruktur dan sistematis, mengurangi kesalahan identifikasi, dan memperkaya pemahaman kita tentang keanekaragaman hayati.

Secara keseluruhan, klasifikasi makhluk hidup tidak hanya berfungsi untuk mengorganisir organisme, tetapi juga membantu kita untuk lebih memahami proses evolusi, hubungan kekerabatan antar spesies, serta pentingnya pelestarian dan konservasi keanekaragaman hayati di dunia ini.

Latihan Soal

1. Bagaimana peran keanekaragaman hayati dalam menjaga stabilitas ekosistem yang rentan terhadap perubahan iklim?
 - A. Keanekaragaman hayati membuat spesies lebih sensitif terhadap perubahan lingkungan
 - B. Keanekaragaman hayati memungkinkan ekosistem mengadopsi pola cuaca ekstrem dengan lebih cepat
 - C. Keanekaragaman hayati meningkatkan kapasitas ekosistem dalam menyerap karbon dan menyediakan sumber daya
 - D. Keanekaragaman hayati hanya mempengaruhi kelimpahan spesies tertentu
 - E. Keanekaragaman hayati menyebabkan ekosistem lebih rentan terhadap polusi
2. Di antara ekosistem berikut, manakah yang paling rentan terhadap kerusakan akibat deforestasi dan perubahan iklim?
 - A. Hutan hujan tropis
 - B. Padang rumput
 - C. Tundra
 - D. Hutan gugur
 - E. Ekosistem laut terumbu karang
3. Apa dampak dari meningkatnya perubahan iklim terhadap keanekaragaman hayati di Indonesia?
 - A. Meningkatkan keberagaman spesies baru
 - B. Menurunkan ketahanan spesies terhadap penyakit
 - C. Mempercepat regenerasi ekosistem
 - D. Mengurangi spesies endemik yang bergantung pada habitat tertentu
 - E. Meningkatkan produksi pangan lokal
4. Jika spesies invasif terus berkembang dalam ekosistem yang baru, apa dampak yang paling mungkin terjadi terhadap spesies asli?
 - A. Peningkatan keberagaman spesies lokal
 - B. Penurunan jumlah spesies asli akibat kompetisi sumber daya
 - C. Peningkatan laju pertumbuhan spesies asli
 - D. Penurunan interaksi antara spesies
 - E. Perubahan genetik dalam spesies asli yang menyebabkan evolusi

5. Dalam usaha pelestarian keanekaragaman hayati, mana dari berikut ini yang paling efektif dalam menjaga habitat alami?
- A. Menambah jumlah kawasan perkebunan komersial
 - B. Membuka lebih banyak area untuk pembangunan infrastruktur
 - C. Meningkatkan pengawasan dan perlindungan kawasan konservasi
 - D. Mengurangi jumlah spesies yang terancam punah
 - E. Meningkatkan eksploitasi sumber daya alam
6. Dalam sistem klasifikasi modern, bagaimana pendekatan filogenetik mengubah cara kita mengelompokkan makhluk hidup?
- A. Mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan ciri-ciri morfologi tanpa memperhitungkan hubungan evolusi
 - B. Mengabaikan hubungan genetika dan berfokus pada ciri-ciri fisik saja
 - C. Menggunakan data genetik untuk mengelompokkan spesies berdasarkan hubungan kekerabatan mereka
 - D. Menurunkan jumlah takson dalam setiap tingkatan
 - E. Membedakan spesies berdasarkan ukuran dan warna saja
7. Apa keuntungan utama dari menggunakan kunci determinasi dalam identifikasi spesies?
- A. Menyederhanakan proses pengelompokan spesies
 - B. Membantu mengenali spesies berdasarkan ciri fisik yang jelas dan terukur
 - C. Menghilangkan kebutuhan akan pengumpulan data genetik
 - D. Meningkatkan jumlah spesies yang teridentifikasi dalam waktu singkat
 - E. Mengurangi kesalahan dalam identifikasi berdasarkan kriteria yang samar

**Akses latihan soal
lainnya di sini yuk!**



Referensi

Linnaeus, C. (1758). *Systema Naturae*. 10th edition. Laurentius Salvius.

Darwin, C. (1859). *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*. John Murray.

Haeckel, E. (1866). *Generelle Morphologie der Organismen*. Reimer.

Whittaker, R. H. (1969). *General Classification of Eukaryotic Organisms*. *Science*, 163(3863), 150-160.

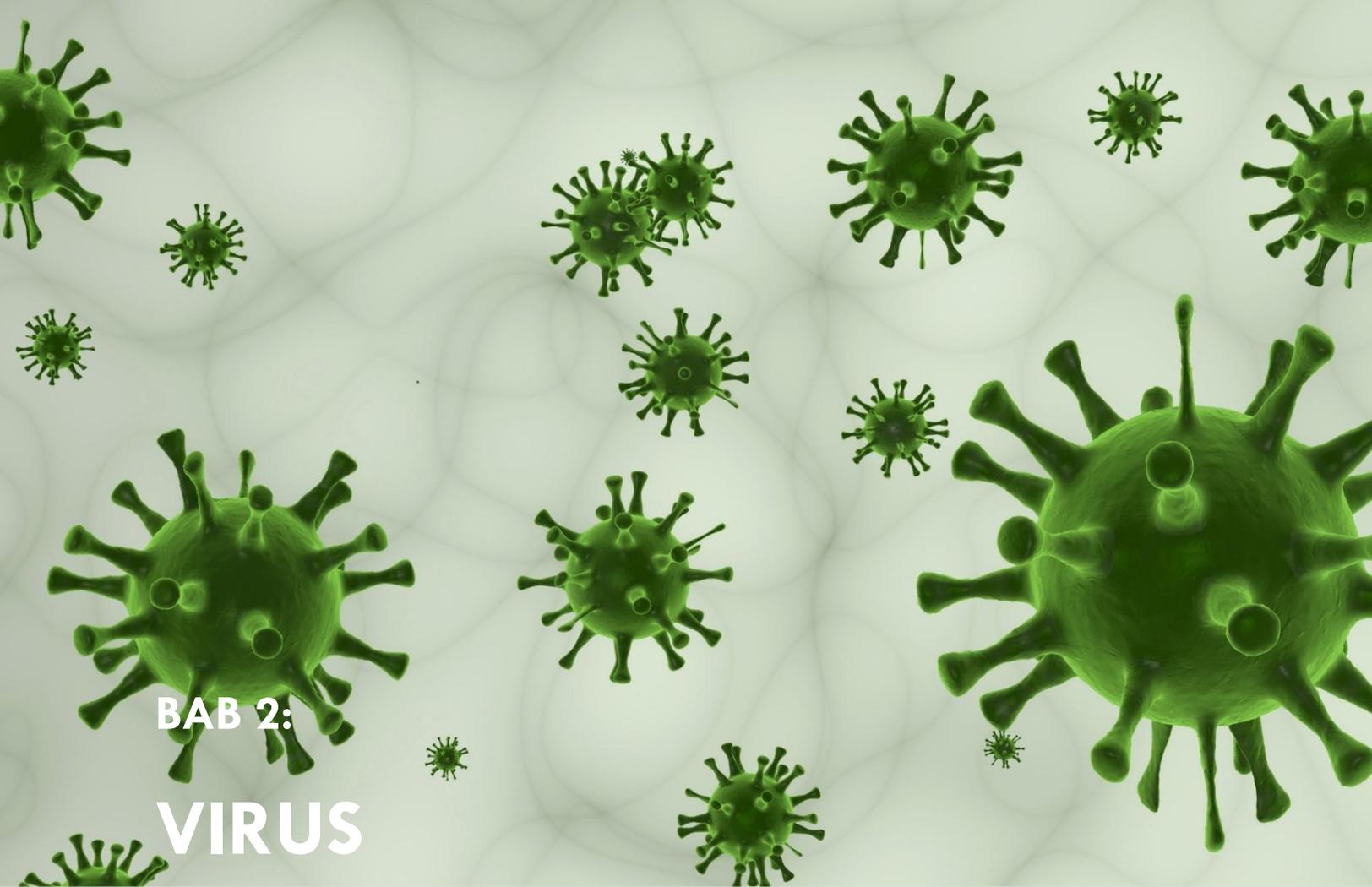
Woese, C. R., & Fox, G. E. (1977). *Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: The primary kingdoms*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 74(11), 5088-5090.

Mayr, E. (2004). *What Evolution Is*. Basic Books.

Raven, P. H., & Johnson, G. B. (2002). *Planta: The Plant Kingdom*. Holt, Rinehart and Winston.

Campbell, N. A., Reece, J. B., & Mitchell, L. G. (2006). *Biology* (8th ed.). Pearson Benjamin Cummings.

Colborn, T., Dumanoski, D., & Myers, J. P. (1996). *Our Stolen Future: Are We Threatening Our Fertility, Intelligence, and Survival? A Scientific Detective Story*. Penguin Books.



BAB 2: VIRUS

Karakter Pelajar Pancasila

Bernalar Kritis, Mandiri, Peduli, dan Berkebinekaan Global

Kata Kunci: Virus, Siklus Litik, Siklus Lisogenik, Kapsid, Sel Inang, Vaksin, Covid-19, Prion, Viroid, AIDS, Flu Burung, Reproduksi Virus

Tujuan Pembelajaran: Mengungkap Rahasia Virus dari Siklus, Manfaat, hingga Bahayanya

1. Menganalisis Karakteristik Virus

- ▷ Mengidentifikasi ciri-ciri virus berdasarkan kajian pustaka dan teori ilmiah.
- ▷ Memahami struktur dasar dan sifat unik virus yang membedakannya dari makhluk hidup lainnya.

2. Membandingkan Siklus Reproduksi Virus

- ▷ Menjelaskan perbedaan antara siklus litik dan siklus lisogenik dalam proses reproduksi virus.
- ▷ Menguraikan tahapan dari masing-masing siklus serta dampaknya terhadap sel inang.

3. Menerapkan Konsep Virus dalam Kehidupan Sehari-hari

- ▷ Menghubungkan peran virus dalam berbagai aspek kehidupan berdasarkan teori dan pengalaman pribadi.

- ▷ Menganalisis manfaat dan bahaya virus dalam bidang kesehatan, bioteknologi, dan lingkungan.

4. Menyusun Strategi Pencegahan Penyakit akibat Virus

- ▷ Menyusun daftar tindakan preventif untuk mengurangi risiko infeksi berbagai penyakit yang disebabkan oleh virus seperti COVID-19, AIDS, SARS, herpes, cacar, flu burung, rabies, demam berdarah, campak, hepatitis, poliomielitis, chikungunya, dan influenza.
- ▷ Mengembangkan keberanian dalam menyampaikan pendapat dan berpartisipasi aktif dalam diskusi kelas mengenai pencegahan penyakit akibat virus.

5. Menjelaskan Viroid dan Prion

- ▷ Memahami viroid dan prion sebagai entitas yang lebih kecil dari virus.
- ▷ Menganalisis peran viroid dan prion dalam penyebab penyakit serta perbedaannya dengan virus.

F I T R I



1. Awal Mula Penemuan Virus

Sejarah penemuan virus dimulai pada akhir abad ke-19, ketika para ilmuwan mulai menyadari adanya agen penyebab penyakit yang jauh lebih kecil daripada bakteri dan tidak dapat diamati dengan mikroskop cahaya biasa. Pada awalnya, penyakit yang disebabkan oleh virus sering dikira sebagai infeksi bakteri karena belum ada teknologi yang cukup maju untuk membedakan keduanya. Namun, serangkaian penelitian yang dilakukan oleh para ilmuwan dari tahun 1883 hingga 1935 secara bertahap mengungkapkan keberadaan virus dan membuktikan bahwa entitas ini memiliki sifat yang unik dan berbeda dari mikroorganisme lainnya.

Pada tahun **1883**, seorang ilmuwan asal Jerman bernama **Adolf Mayer** melakukan penelitian terhadap penyakit mosaik yang menyerang tanaman tembakau. Ia mengamati bahwa daun tembakau yang terinfeksi menunjukkan pola bercak-bercak mosaik, yang menyebabkan penurunan pertumbuhan tanaman. Mayer mencoba menularkan penyakit ini dengan mengambil getah dari tanaman yang sakit dan menyuntikkannya ke tanaman yang sehat. Hasilnya, tanaman yang sehat ikut terinfeksi dan menunjukkan gejala yang sama. Ia kemudian menyimpulkan bahwa penyakit tersebut kemungkinan disebabkan oleh bakteri yang sangat kecil. Namun, Mayer tidak dapat menemukan bakteri penyebabnya meskipun telah melakukan berbagai metode isolasi menggunakan mikroskop cahaya.

Beberapa tahun kemudian, pada **1892**, seorang ilmuwan Rusia bernama **Dmitri Ivanovsky** melanjutkan penelitian Mayer dan melakukan eksperimen lebih lanjut. Ia menyaring ekstrak daun tembakau yang terinfeksi menggunakan **saringan Chamberland**, yaitu saringan yang memiliki pori-pori sangat kecil yang dapat menangkap bakteri. Setelah disaring, cairan hasil filtrasi tersebut tetap menyebabkan infeksi pada tanaman tembakau yang sehat. Hal ini membuktikan bahwa agen penyebab penyakit ini jauh lebih kecil dari bakteri, karena mampu melewati saringan yang biasanya dapat menangkap mikroorganisme lain. Meski demikian, Ivanovsky masih berpegang pada anggapan bahwa penyakit ini mungkin saja disebabkan oleh racun bakteri atau bakteri yang terlalu kecil untuk diamati dengan teknologi saat itu.



Daun Tembakau terinfeksi TMV-Plantix.com

Pada **1897**, seorang ilmuwan Belanda bernama **Martinus Beijerinck** melakukan eksperimen lebih lanjut yang akhirnya membuktikan bahwa agen penyebab penyakit mosaik tembakau bukanlah bakteri, melainkan suatu entitas yang lebih kecil dan memiliki sifat unik. Beijerinck melakukan serangkaian percobaan yang menunjukkan bahwa agen tersebut tidak dapat berkembang biak di luar jaringan tanaman hidup dan tidak dapat dibiakkan dalam medium kultur yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri. Ia juga mengamati bahwa setelah berkali-kali diencerkan, cairan yang mengandung agen penyakit ini masih tetap aktif dan bisa menyebabkan infeksi. Dari hasil penelitiannya, Beijerinck menyebut agen ini sebagai "**virus filtrable**" (yang berarti patogen yang dapat melewati saringan), dan menyatakan bahwa virus berbeda dari bakteri karena tidak bisa berkembang biak sendiri di luar sel inang.

Perkembangan lebih lanjut dalam penelitian virus terjadi pada **1935**, ketika seorang ilmuwan Amerika bernama **Wendell Stanley** berhasil mengkristalkan **Tobacco Mosaic Virus (TMV)**. Ia membuktikan bahwa virus memiliki struktur yang lebih sederhana dibandingkan dengan organisme hidup lainnya. Virus tidak memiliki sel, tetapi terdiri dari **asam nukleat (RNA atau DNA) yang diselubungi oleh protein**. Penemuan ini menjadi tonggak penting dalam virologi karena untuk pertama kalinya virus dapat dikristalkan dan dianalisis sebagai

suatu entitas yang unik. Hasil penelitian Stanley menunjukkan bahwa virus lebih menyerupai makromolekul kimia daripada organisme hidup, tetapi masih mampu berkembang biak ketika berada dalam sel inang.

Dari rangkaian penelitian yang dilakukan sejak **1883 hingga 1935**, para ilmuwan akhirnya menyadari bahwa virus adalah entitas yang berbeda dari bakteri dan mikroorganisme lainnya. Virus memiliki ukuran yang sangat kecil, tidak memiliki sel, serta hanya dapat bereplikasi di dalam sel hidup. Penemuan ini membuka jalan bagi perkembangan virologi modern dan penelitian tentang berbagai penyakit yang disebabkan oleh virus, termasuk pembuatan vaksin dan obat antivirus yang hingga kini terus dikembangkan.

Contoh Soal

Pada tahun 1892, Dmitri Ivanovsky menemukan bahwa getah daun tembakau yang sakit tetap dapat menularkan penyakit meskipun telah disaring menggunakan penyaring bakteri. Penemuan ini memberikan bukti bahwa agen penyebab penyakit tersebut lebih kecil dari bakteri. Apa kesimpulan utama dari penelitian Ivanovsky dalam virologi?

- A. Semua penyakit tumbuhan disebabkan oleh bakteri kecil yang lolos dari penyaringan.
- B. Virus adalah agen infeksi yang lebih kecil dari bakteri dan dapat melewati penyaring bakteri.
- C. Penyakit mosaik tembakau hanya dapat ditularkan melalui kontak langsung dengan tanaman yang sakit.
- D. Virus dapat tumbuh dan berkembang biak di luar sel inang, seperti bakteri.
- E. Martinus Beijerinck adalah ilmuwan pertama yang menemukan virus penyebab penyakit mosaik tembakau.

Jawaban Benar: B. Virus adalah agen infeksi yang lebih kecil dari bakteri dan dapat melewati penyaring bakteri

Pembahasan:

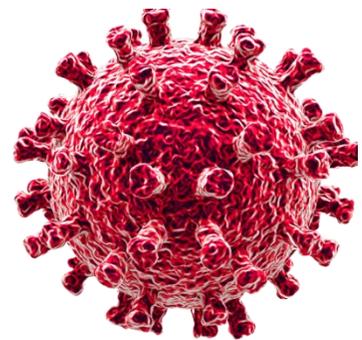
Eksperimen yang dilakukan oleh Dmitri Ivanovsky menunjukkan bahwa agen penyebab penyakit mosaik tembakau dapat melewati penyaring bakteri, yang berarti ukurannya lebih kecil dari bakteri. Ini menjadi bukti awal tentang keberadaan virus. Martinus Beijerinck kemudian memperkuat hasil penelitian ini dengan menyebut virus sebagai "**contagium vivum fluidum**" atau agen infeksi yang bersifat cair dan berbeda dari bakteri.



Biologipedia

Sejarah Penemuan Virus

- ▷ Virus pertama yang ditemukan adalah Tobacco Mosaic Virus (TMV) pada tahun 1892 oleh Dmitri Ivanovsky, tetapi baru disebut sebagai "virus" oleh Martinus Beijerinck pada tahun 1898.
- ▷ Wendell Stanley berhasil mengkristalkan virus TMV pada tahun 1935, membuktikan bahwa virus dapat berada dalam bentuk non-hidup.
- ▷ Virus lebih kecil dari bakteri! Ukurannya hanya 20-300 nanometer, sehingga tidak dapat dilihat dengan mikroskop cahaya biasa.





2. Karakteristik Tubuh Virus

Virus merupakan entitas biologis unik yang berada di antara makhluk hidup dan benda tak hidup. Tidak seperti sel organisme lainnya, virus tidak memiliki struktur seluler seperti membran sel, sitoplasma, atau organel sel. Mereka juga tidak dapat melakukan metabolisme sendiri dan bergantung sepenuhnya pada sel inang untuk berkembang biak. Virus sering disebut sebagai **parasit intraseluler obligat**, yang berarti mereka hanya dapat bertahan hidup dan bereplikasi di dalam sel hidup.

Virus memiliki ciri khas tertentu yang membedakannya dari mikroorganisme lain seperti bakteri, jamur, atau protozoa. Berikut adalah beberapa karakteristik utama virus:

- ▷ Tidak memiliki sel, sehingga tidak bisa melakukan aktivitas metabolisme atau bereproduksi secara mandiri.
- ▷ Hanya bisa berkembang biak di dalam sel inang, dengan mengendalikan sistem seluler inangnya.
- ▷ Ukuran sangat kecil, berkisar antara 20–300 nanometer, jauh lebih kecil dari bakteri.
- ▷ Materi genetik berupa DNA atau RNA, tetapi tidak keduanya sekaligus.
- ▷ Memiliki kapsid protein yang melindungi materi genetiknya.
- ▷ Dapat mengalami mutasi dengan cepat, menyebabkan munculnya varian baru yang sulit dikendalikan.
- ▷ Hanya menginfeksi inang tertentu, karena interaksi virus dengan reseptor spesifik pada sel targetnya.

Ukuran Tubuh Virus

Virus merupakan entitas biologis yang sangat kecil, bahkan jauh lebih kecil daripada bakteri. Ukurannya berkisar antara 20 hingga 300 nanometer (nm), dengan beberapa virus ekstrem yang bahkan lebih kecil atau lebih besar dari rentang ini. Untuk membandingkan, bakteri biasanya berukuran 1 hingga 10 mikrometer (μm), yang berarti virus bisa 100 kali lebih kecil dibandingkan bakteri terkecil.

Karena ukurannya yang sangat kecil, virus tidak dapat diamati dengan mikroskop cahaya biasa, melainkan harus diamati menggunakan mikroskop elektron yang memiliki resolusi jauh lebih tinggi. Para ilmuwan menggunakan berbagai metode untuk mengukur ukuran virus, di antaranya:

a. Observasi langsung menggunakan mikroskop elektron

Salah satu cara paling efektif dan langsung untuk mengamati virus adalah dengan menggunakan mikroskop elektron. Mikroskop elektron memungkinkan perbesaran hingga jutaan kali lipat, sehingga dapat mengamati virus dengan detail yang sangat tinggi. Teknologi ini bekerja dengan menggunakan berkas elektron sebagai sumber cahaya, bukan cahaya tampak seperti pada mikroskop cahaya biasa. Karena panjang gelombang elektron jauh lebih pendek dibandingkan panjang gelombang cahaya tampak, resolusi yang dihasilkan oleh mikroskop elektron menjadi jauh lebih tinggi, memungkinkan ilmuwan melihat objek yang sangat kecil seperti virus.

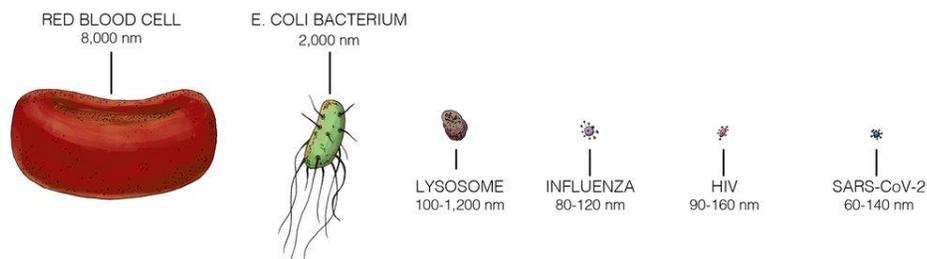
Ada dua jenis utama mikroskop elektron yang digunakan dalam studi virologi:

▷ Mikroskop Elektron Transmisi (*Transmission Electron Microscope/TEM*):

- TEM bekerja dengan melewatkan berkas elektron melalui spesimen yang sangat tipis.
- Virus dapat diamati dalam bentuk irisan tipis yang memperlihatkan **struktur internalnya**, seperti kapsid dan materi genetik yang terdapat di dalamnya.
- Teknik ini sangat berguna untuk memahami **morfologi dan struktur virus**, terutama dalam studi tentang bagaimana virus berinteraksi dengan sel inangnya.

▷ **Mikroskop Elektron Pindai (Scanning Electron Microscope/SEM):**

- SEM bekerja dengan memindai permukaan spesimen menggunakan berkas elektron dan kemudian menangkap elektron yang dipantulkan.
- Berbeda dengan TEM yang menunjukkan bagian dalam virus, SEM memberikan **gambar tiga dimensi (3D) dari permukaan virus**, memungkinkan ilmuwan mengamati bentuk dan morfologi virus secara lebih jelas.
- Teknik ini sering digunakan untuk mempelajari struktur luar virus, termasuk bentuk kapsid dan detail permukaan virus seperti tonjolan glikoprotein pada virus berselubung (*envelope virus*), misalnya virus influenza dan SARS-CoV-2.



Ukuran Virus-scienceexchange.caltech.edu

b. Filtrasi melalui selaput kolodion dengan porositas bertingkat

Sebelum mikroskop elektron ditemukan, salah satu cara yang digunakan oleh para ilmuwan untuk membedakan virus dari bakteri adalah melalui teknik filtrasi menggunakan selaput kolodion dengan porositas bertingkat. Teknik ini didasarkan pada perbedaan ukuran antara virus, bakteri, dan partikel lainnya, sehingga hanya partikel dengan ukuran lebih kecil dari pori-pori saringan yang dapat melewatinya.

Selaput kolodion adalah membran filter mikropori yang memiliki porositas bertingkat, artinya ukuran pori-porinya dapat diatur agar hanya memungkinkan partikel tertentu melewatinya. Dalam eksperimen awal tentang virus, para ilmuwan menggunakan saringan *Chamberland* dan saringan *Berkefeld*, yang memiliki ukuran pori cukup kecil untuk menahan bakteri tetapi cukup besar untuk memungkinkan virus melewatinya.

- ▷ Ketika filtrasi dilakukan pada sampel yang mengandung mikroorganisme, bakteri akan tertahan di saringan, tetapi virus yang jauh lebih kecil akan tetap lolos dan masuk ke dalam filtrat.
- ▷ Dengan menggunakan saringan dengan pori-pori berbeda, ilmuwan dapat memperkirakan ukuran maksimum virus, yaitu ukuran terbesar yang masih memungkinkan virus melewati saringan.
- ▷ Teknik ini digunakan oleh Dmitri Ivanovsky pada tahun 1892 ketika meneliti penyakit mosaik tembakau, yang akhirnya membantu membuktikan bahwa agen penyebab penyakit tersebut bukan bakteri, melainkan virus.

Meskipun teknik ini tidak dapat memberikan pengukuran langsung tentang ukuran virus, metode ini membantu dalam mengidentifikasi keberadaan virus sebelum teknologi mikroskop elektron ditemukan. Saat ini, teknik filtrasi masih digunakan dalam penelitian virologi, terutama untuk memisahkan virus dari kontaminan lain dalam sampel biologis.

c. Sedimentasi dalam ultrasentrifugasi

Metode lain yang digunakan untuk mengukur ukuran virus adalah sedimentasi dalam ultrasentrifugasi, yaitu teknik yang memanfaatkan gaya sentrifugal ekstrem untuk memisahkan partikel berdasarkan

ukuran dan densitasnya. Teknik ini dilakukan menggunakan alat bernama ultrasentrifuge, yang mampu menghasilkan gaya putar dengan kecepatan sangat tinggi, mencapai lebih dari 100.000 putaran per menit (rpm).

Teknik ini didasarkan pada prinsip bahwa partikel dengan massa dan ukuran yang berbeda akan mengendap pada kecepatan yang berbeda dalam larutan. Virus yang lebih besar dan lebih berat akan mengendap lebih cepat dibandingkan dengan virus yang lebih kecil.

Proses sedimentasi dalam ultrasentrifugasi biasanya dilakukan dengan menggunakan gradien densitas, seperti gradien sukrosa atau cesium klorida, untuk memisahkan virus berdasarkan ukuran dan massa jenisnya. Teknik ini memungkinkan ilmuwan untuk:

- ▷ Mengisolasi virus dari campuran sampel biologis, seperti darah, cairan tubuh, atau jaringan inang.
- ▷ Menentukan massa molekul dan ukuran virus, dengan membandingkan kecepatan sedimentasi virus dengan partikel referensi yang sudah diketahui ukurannya.
- ▷ Memisahkan berbagai jenis virus dalam satu sampel, berdasarkan perbedaan ukuran dan densitasnya.

Sebagai contoh, teknik ini digunakan untuk memurnikan virus influenza dalam penelitian vaksin, di mana virus yang telah diisolasi dari sel inang dipisahkan berdasarkan ukuran dan karakteristiknya. Teknik ini juga digunakan dalam studi virus seperti HIV dan Hepatitis B, untuk memahami struktur dan komponen virus dengan lebih baik.

d. Pengukuran perbandingan dengan objek lain

Pengukuran ukuran virus menjadi tantangan tersendiri karena ukurannya yang sangat kecil, berkisar antara 20 hingga 300 nanometer (nm), bahkan beberapa jenis virus memiliki ukuran yang lebih kecil dari itu. Karena virus tidak dapat diamati dengan mikroskop cahaya biasa, berbagai metode digunakan untuk memperkirakan ukurannya, salah satunya dengan membandingkan virus dengan objek biologis lain yang sudah diketahui ukurannya, seperti bakteri, ribosom, protein, vesikel lipid, atau jenis virus lainnya. Teknik ini memberikan gambaran tentang dimensi virus tanpa harus melakukan pengukuran langsung menggunakan alat yang kompleks.

Salah satu metode utama yang digunakan adalah perbandingan dengan sel bakteri, mengingat bakteri memiliki ukuran yang relatif lebih besar, sekitar 1–10 mikrometer (μm). Sebagai contoh, virus bakteriofag yang menginfeksi bakteri *Escherichia coli* memiliki ukuran 50–200 nm, yang berarti jauh lebih kecil dibandingkan dengan bakteri inangnya. Dengan mengamati bagaimana bakteriofag menempel dan menginfeksi bakteri, ilmuwan dapat memperkirakan ukuran relatif virus terhadap bakteri tersebut. Selain itu, dalam penelitian virologi, virus sering dikultur bersama bakteri, dan zona bening (plak) yang terbentuk akibat infeksi virus dalam medium bakteri dapat digunakan sebagai acuan untuk memperkirakan ukurannya.

Selain dibandingkan dengan objek biologis lain, virus juga sering dibandingkan dengan jenis virus lain yang telah diketahui ukurannya. Sebagai contoh, virus cacar (Variola) memiliki ukuran sekitar 200–300 nm, yang jauh lebih besar dibandingkan virus polio (27 nm). Sementara itu, virus raksasa seperti Mimivirus memiliki ukuran 400–800 nm, bahkan lebih besar dari beberapa bakteri kecil seperti *Mycoplasma* yang memiliki ukuran sekitar 300 nm. Dengan menggunakan metode ini, virus dapat dikelompokkan berdasarkan ukurannya, dari yang terkecil hingga yang terbesar, sehingga memudahkan para ilmuwan dalam mengklasifikasikan dan mempelajari berbagai jenis virus dengan lebih sistematis.

Secara keseluruhan, metode pengukuran perbandingan dengan objek lain memberikan wawasan yang sangat berharga dalam penelitian virologi. Dengan membandingkan virus dengan bakteri, ribosom, protein, vesikel lipid, serta struktur biologis lain, ilmuwan dapat memperoleh gambaran dimensi virus dengan lebih akurat. Teknik ini, dikombinasikan dengan metode lain seperti mikroskop elektron dan filtrasi,

membantu dalam memahami struktur, ukuran, dan karakteristik virus secara lebih mendalam, yang sangat penting dalam pengembangan terapi antivirus, vaksin, serta pemahaman tentang mekanisme infeksi virus dalam tubuh inang.

Bentuk Virus

Virus memiliki berbagai bentuk yang berbeda, tergantung pada struktur kapsidnya. Kapsid adalah lapisan pelindung yang menyelimuti materi genetik virus dan tersusun dari unit-unit protein yang disebut kapsomer. Bentuk virus sangat berpengaruh terhadap cara mereka menempel dan menginfeksi sel inangnya. Selain itu, bentuk virus juga menjadi salah satu dasar dalam klasifikasi virologi. Secara umum, virus dikategorikan ke dalam empat bentuk utama, yaitu virus polihedral (ikosahedral), virus heliks, virus kompleks, dan virus filamen.

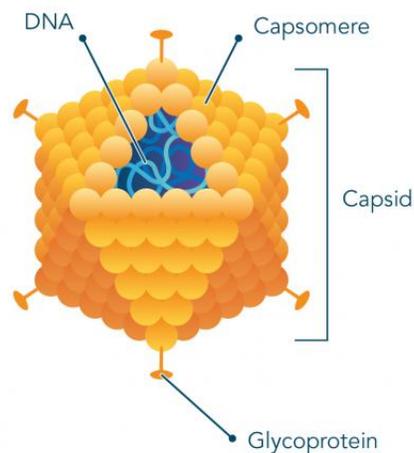
a. Bentuk Polihedral (Icosahedral)

Virus polihedral memiliki bentuk geometris dengan banyak sisi, biasanya berbentuk ikosahedral (sebuah bangun ruang dengan 20 sisi segitiga). Bentuk ini memberikan kestabilan struktural yang tinggi, sehingga virus dapat bertahan dalam berbagai kondisi lingkungan. Struktur ikosahedral terbentuk dari kapsomer yang tersusun secara simetris di sekitar materi genetik virus.

Virus dengan bentuk ini umumnya lebih stabil dibandingkan dengan virus berbentuk lain karena distribusi tekanan di seluruh kapsidnya merata. Struktur polihedral memungkinkan virus memiliki ukuran kecil namun tetap cukup kuat untuk melindungi materi genetiknya dari kondisi lingkungan yang ekstrem.

Contoh virus yang memiliki bentuk polihedral antara lain:

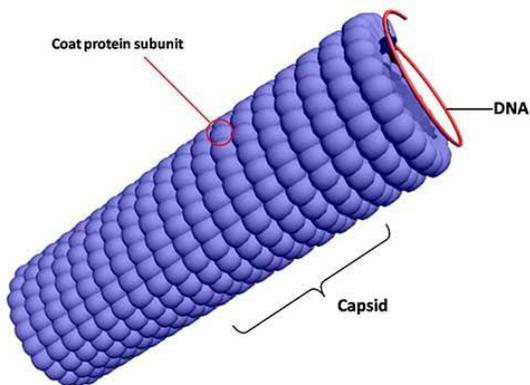
- ▷ Adenovirus: Virus yang menyebabkan infeksi saluran pernapasan dan gangguan pencernaan.
- ▷ Poliovirus: Virus penyebab penyakit poliomyelitis, yang menyerang sistem saraf manusia.
- ▷ Hepatitis A Virus (HAV): Penyebab penyakit hepatitis A, yang menyerang organ hati manusia.



Struktur Virus Polihedral-letstalkscience.ca

b. Bentuk Heliks (Batang)

Virus berbentuk heliks memiliki struktur berbentuk batang panjang atau spiral, di mana kapsomer tersusun secara melingkar mengelilingi asam nukleat virus. Virus jenis ini sering kali memiliki RNA sebagai materi genetiknya, dan struktur heliks memungkinkan virus lebih fleksibel dalam menginfeksi sel inang. Virus heliks dapat dibedakan menjadi dua tipe utama:



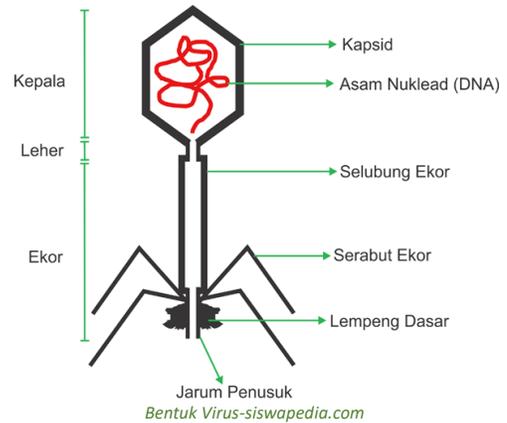
Struktur Virus Heliks-www.tentorku.com

1) Virus heliks tanpa selubung (*naked helical virus*): berstruktur yang lebih kaku karena tidak memiliki lapisan luar tambahan. Contohnya adalah *Tobacco Mosaic Virus (TMV)* yang menyerang tanaman tembakau dan menyebabkan pola mosaik pada daunnya.

2) Virus heliks berselubung (*enveloped helical virus*): memiliki lapisan lipid yang diperoleh dari membran sel inangnya, yang membantu mereka menginfeksi sel lebih efektif. Contohnya adalah Virus Influenza yang menyerang sistem pernapasan manusia, dan Virus Rabies yang menyerang sistem saraf akibat gigitan hewan yang terinfeksi.

c. Bentuk Kompleks

Virus kompleks memiliki struktur yang lebih rumit dibandingkan dengan virus polihedral atau heliks. Virus dalam kategori ini tidak memiliki bentuk simetris sederhana, tetapi merupakan gabungan dari beberapa bentuk struktural yang berbeda. Virus kompleks sering kali memiliki kepala berbentuk polihedral dan ekor berbentuk heliks, serta dilengkapi dengan berbagai struktur tambahan seperti serat ekor atau kaki-kaki yang membantu mereka menempel pada sel inang. Struktur yang lebih kompleks ini umumnya ditemukan pada virus yang menginfeksi bakteri (bakteriofag).

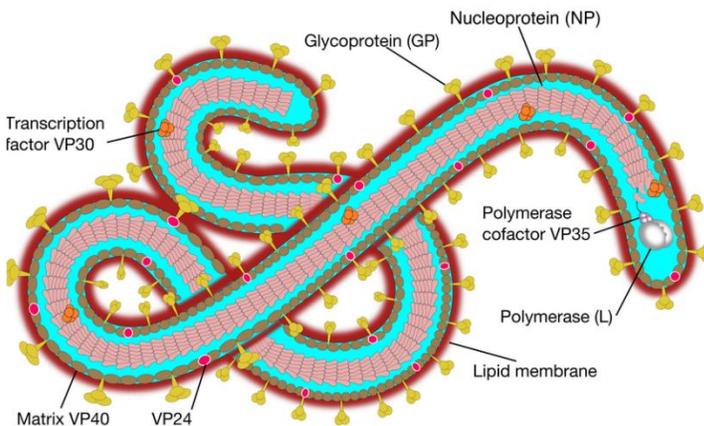


Contoh virus kompleks yang terkenal adalah Bakteriofag T4, yang menginfeksi bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*). Bakteriofag memiliki bagian kepala berbentuk ikosahedral yang berisi DNA virus, ekor berbentuk heliks yang berfungsi untuk menempel pada bakteri, serta struktur seperti kaki yang membantu virus menginjeksi materi genetiknya ke dalam sel bakteri. Setelah DNA virus masuk ke dalam bakteri, virus akan mengambil alih mekanisme seluler bakteri dan memanfaatkan sumber daya inang untuk mereplikasi dirinya sendiri. Selain bakteriofag, contoh lain dari virus kompleks adalah Virus Cacar Variola, penyebab penyakit cacar yang pernah menjadi wabah global sebelum berhasil diberantas melalui vaksinasi. Virus ini memiliki struktur yang lebih besar dan lebih rumit dibandingkan kebanyakan virus lainnya.

Bentuk kompleks memungkinkan virus memiliki mekanisme infeksi yang lebih canggih dan spesifik terhadap inangnya. Virus ini biasanya tidak memiliki selubung lipid, sehingga lebih tahan terhadap lingkungan dibandingkan virus berselubung.

d. Bentuk Filamen

Virus filamen adalah virus yang memiliki bentuk memanjang seperti benang tipis atau filamen, dengan kapsid yang fleksibel dan panjang. Virus jenis ini memiliki struktur heliks yang lebih panjang dibandingkan



virus heliks lainnya, sehingga sering kali tampak berbentuk benang ketika diamati di bawah mikroskop elektron. Virus dengan bentuk filamen biasanya memiliki RNA sebagai materi genetiknya, dan beberapa di antaranya menyebabkan penyakit yang sangat berbahaya bagi manusia. Salah satu contoh yang paling terkenal adalah Virus Ebola, yang dapat menyebabkan penyakit demam berdarah Ebola dengan tingkat kematian yang tinggi.

Contoh virus filamen lainnya adalah:

- ▷ Virus Ebola: Penyebab penyakit Ebola, yang menyebabkan perdarahan hebat di dalam tubuh manusia.
- ▷ Marburg Virus: Penyebab demam berdarah Marburg, yang mirip dengan Ebola dan memiliki tingkat kematian tinggi.

Bentuk filamen memungkinkan virus dengan mudah menyesuaikan diri dengan berbagai inang dan jaringan yang berbeda. Virus ini sering kali memiliki mekanisme infeksi yang sangat agresif, dan beberapa di antaranya mampu menyebar dengan cepat dalam populasi manusia.

Struktur Tubuh Virus

Virus memiliki struktur sederhana dan unik dibandingkan organisme lain. Berbeda dengan sel bakteri atau eukariotik, virus tidak memiliki membran sel, sitoplasma, atau organel seperti ribosom dan mitokondria. Sebagai entitas biologis yang berada di antara benda mati dan makhluk hidup, virus terdiri dari materi genetik (asam nukleat) yang dilindungi oleh kapsid protein, dan beberapa virus memiliki selubung tambahan yang diperoleh dari membran sel inangnya. Struktur tubuh virus menentukan cara mereka menginfeksi sel inang dan bertahan di lingkungan. Secara umum, virus terdiri dari dua komponen utama yaitu, kapsid dan asam nukleat.

a. Kapsid dan Selubung Virus

Kapsid adalah lapisan protein yang mengelilingi dan melindungi materi genetik virus, yang bisa berupa DNA atau RNA. Kapsid terdiri dari unit-unit protein yang disebut kapsomer, yang terorganisir dalam pola tertentu untuk membentuk struktur yang stabil dan melindungi materi genetik dari kerusakan. Kapsid virus dapat memiliki beberapa bentuk, seperti heliks, ikosahedral, atau kompleks, yang masing-masing memberikan keunggulan dalam hal stabilitas dan efisiensi replikasi. Pada virus dengan kapsid heliks, protein kapsomer tersusun secara berulang membentuk spiral di sekitar materi genetik, sedangkan pada virus dengan kapsid ikosahedral, kapsomer membentuk struktur yang sangat simetris dengan 20 sisi segitiga. Beberapa virus juga memiliki selubung lipid tambahan, yang diperoleh dari membran sel inang saat virus keluar dari sel inang setelah proses replikasi. Kapsid dan selubung bersama-sama berperan penting dalam melindungi virus dan memungkinkan infeksi dengan memastikan virus dapat mengendali dan memasuki sel inang yang tepat.

▷ Fungsi utama kapsid dalam virus:

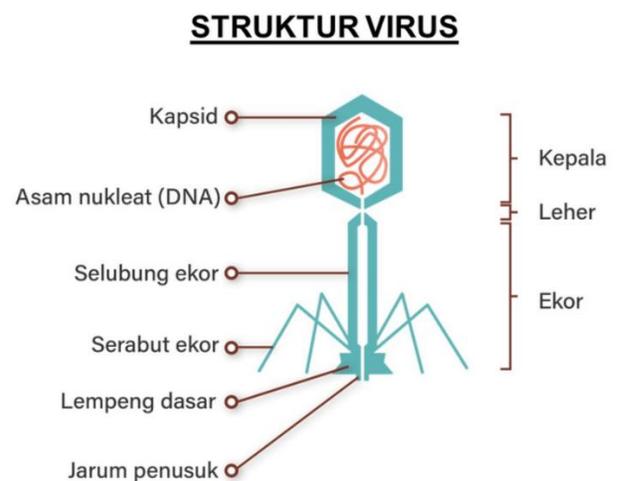
- Melindungi asam nukleat virus dari enzim pencernaan yang dapat menghancurkan materi genetiknya.
- Membantu virus menempel pada sel inang melalui interaksi dengan reseptor pada membran sel target.
- Menentukan bentuk virus, yang berpengaruh terhadap cara virus menginfeksi dan menyebar.
- Memfasilitasi pelepasan materi genetik virus ke dalam sel inang setelah virus berhasil masuk ke dalam tubuh targetnya.

▷ Virus dengan Selubung Lipid (*Envelope Virus*)

Selain kapsid, beberapa virus juga memiliki selubung tambahan (*envelope*) yang berasal dari membran sel inang. Virus yang memiliki selubung ini disebut virus berselubung (*enveloped virus*), sedangkan virus yang hanya memiliki kapsid tanpa selubung disebut virus telanjang (*naked virus*).

Selubung virus terdiri dari lipid dan protein, serta sering kali mengandung glikoprotein yang membantu virus berikatan dengan reseptor pada sel inang. Contoh virus yang memiliki selubung adalah virus influenza, HIV, dan herpes simplex virus.

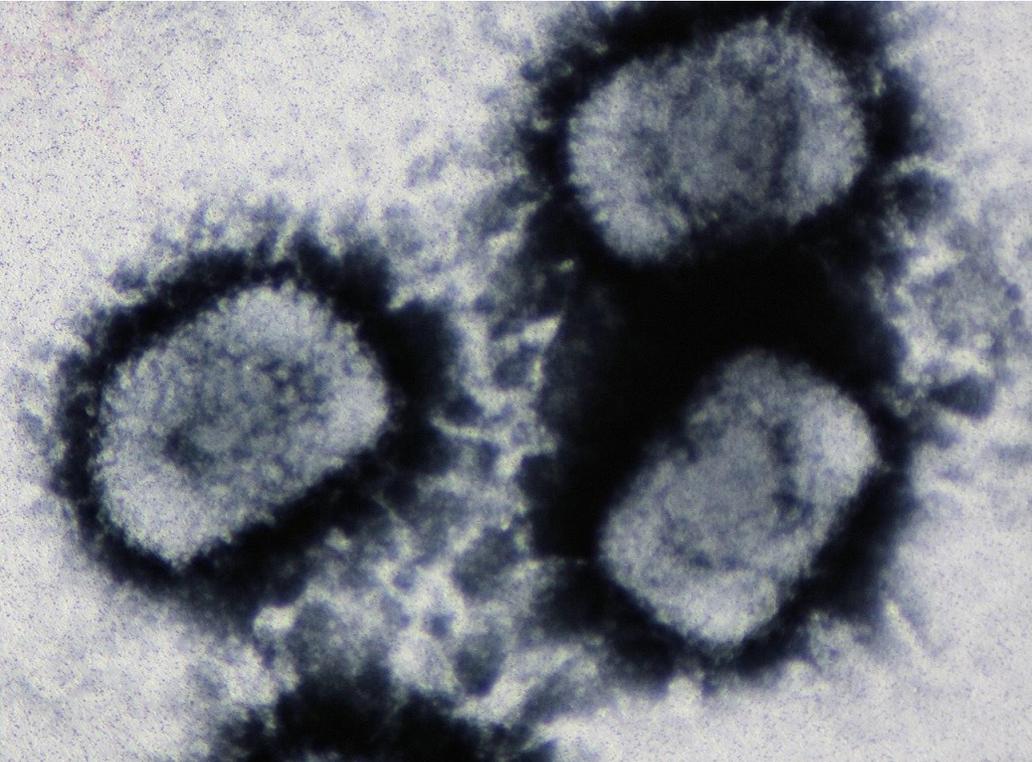
Keberadaan selubung ini membuat virus lebih rentan terhadap pelarut lipid seperti alkohol dan deterjen, karena zat ini dapat menghancurkan selubung virus dan membuatnya tidak mampu menginfeksi sel inang. Oleh karena itu, virus berselubung lebih mudah dimatikan dibandingkan virus tanpa selubung.



Kapsid dan Selubung Virus-katadata.co.id

b. Asam Nukleat

Asam nukleat merupakan materi genetik utama dalam virus, yang berfungsi untuk replikasi dan sintesis protein. Berbeda dengan organisme lain, virus hanya memiliki DNA atau RNA, tetapi tidak keduanya sekaligus. Berdasarkan jenis asam nukleatnya, virus dibagi menjadi virus DNA dan virus RNA.



Partikel Orthopoxvirus - Wikipedia

Virus DNA menggunakan DNA sebagai materi genetik, baik rantai tunggal (ssDNA) maupun rantai ganda (dsDNA). Replikasinya umumnya terjadi di inti sel inang dengan bantuan enzim DNA polimerase. Contohnya adalah Adenovirus yang menyebabkan infeksi pernapasan dan Herpesvirus yang menyebabkan herpes serta cacar air. Virus DNA lebih stabil dan bermutasi lebih lambat karena memiliki sistem perbaikan genetik yang baik.

Virus RNA menggunakan RNA sebagai materinya, yang bisa berbentuk rantai tunggal (ssRNA) atau rantai ganda (dsRNA). Replikasinya terjadi di sitoplasma dengan bantuan enzim RNA polimerase. Karena RNA tidak memiliki sistem perbaikan yang sebaik DNA, virus RNA lebih sering mengalami mutasi. Contoh virus RNA adalah virus influenza dan HIV. Virus RNA terbagi menjadi RNA positif (+RNA), yang dapat langsung digunakan untuk sintesis protein, dan RNA negatif (-RNA), yang harus dikonversi terlebih dahulu.

Beberapa virus RNA, seperti retrovirus (misalnya HIV), menggunakan enzim reverse transcriptase untuk mengubah RNA menjadi DNA yang menyisip ke genom inang, memungkinkan infeksi bertahan lama. Mutasi yang cepat pada virus RNA, seperti SARS-CoV-2 dan influenza, menjadi tantangan dalam pengembangan vaksin dan terapi antivirus. Oleh karena itu, pemahaman tentang asam nukleat virus sangat penting dalam penelitian virologi.

Contoh Soal

Sebuah virus ditemukan memiliki materi genetik RNA dengan kapsid berbentuk heliks dan tidak memiliki selubung lipid. Berdasarkan karakteristik ini, virus tersebut kemungkinan besar termasuk dalam kelompok virus yang dapat menginfeksi...

- A. Sel bakteri dan bersifat litik
- B. Sel tumbuhan dan memiliki genom RNA
- C. Sel hewan dengan siklus hidup lisogenik
- D. Sel manusia dan memiliki selubung lipid
- E. Sel bakteri dengan genom DNA untai ganda

Jawaban Benar: B. Sel tumbuhan dan memiliki genom RNA

Pembahasan:

Virus dengan materi genetik RNA, kapsid heliks, dan tidak memiliki selubung lipid umumnya ditemukan pada virus yang menginfeksi tumbuhan. Contohnya adalah Tobacco Mosaic Virus (TMV), yang menyerang tanaman tembakau. Virus tanpa selubung lipid biasanya lebih tahan terhadap lingkungan dibandingkan virus berselubung.



Biologipedia

Ciri-ciri Tubuh Virus

- ▷ Virus bukan makhluk hidup sejati karena tidak memiliki sel dan tidak bisa bereproduksi sendiri, tetapi dapat menginfeksi sel inang untuk berkembang biak.
- ▷ Beberapa virus memiliki selubung lipid yang melindungi kapsidnya, tetapi ini juga membuatnya lebih rentan terhadap sabun dan disinfektan.
- ▷ Virus tidak memiliki metabolisme sendiri, sehingga tidak membutuhkan makanan, tidak bernapas, dan tidak menghasilkan energi seperti organisme lainnya.





3. Cara Virus Bertahan Hidup dan Memperbanyak Diri

Virus memiliki berbagai strategi bertahan hidup, dari menyebabkan infeksi akut hingga bersembunyi dalam tubuh selama bertahun-tahun. Memahami mekanisme hidup virus penting dalam pengembangan vaksin, terapi antivirus, dan upaya pencegahan penyebaran penyakit.

Cara Virus Bertahan Hidup

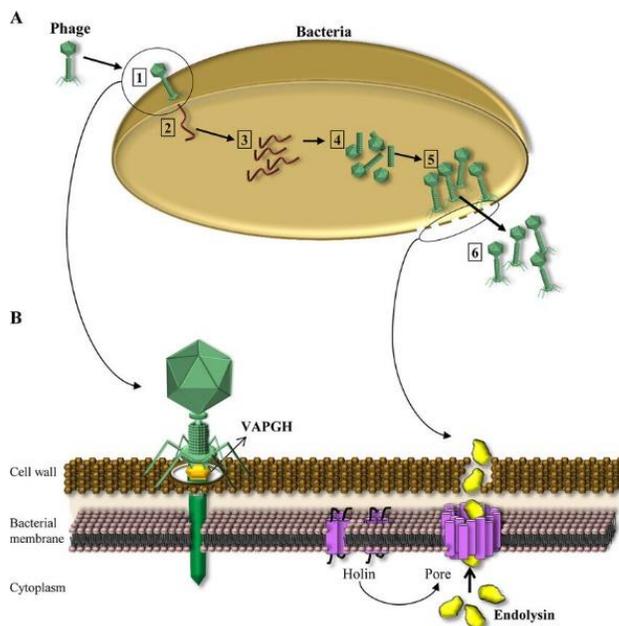
Virus adalah parasit intraseluler obligat yang tidak dapat hidup atau bereproduksi sendiri di luar sel inang. Mereka tidak memiliki organel seluler atau sistem metabolisme, sehingga bergantung sepenuhnya pada sel inang untuk replikasi dan sintesis protein. Saat berada di luar sel, virus hanya berupa partikel tidak aktif (virion) yang terdiri dari materi genetik dalam kapsid protein. Namun, setelah masuk ke sel inang, virus menjadi aktif dan mengambil alih fungsi sel tersebut untuk memperbanyak diri.

Berdasarkan cara hidupnya, virus dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis. Virus litik langsung menginfeksi dan berkembang biak dalam sel inang, menyebabkan infeksi akut, seperti virus influenza yang menyebabkan flu dalam beberapa hari. Virus laten tetap diam dalam sel inang sebelum menjadi aktif kembali, contohnya virus herpes simpleks yang dapat muncul kembali akibat stres atau sistem imun melemah. Virus onkogenik dapat memicu pertumbuhan sel tak terkendali dan menyebabkan kanker, seperti *Human Papillomavirus* (HPV) yang berkontribusi terhadap kanker serviks, serta virus hepatitis B dan C yang meningkatkan risiko kanker hati.

Reproduksi Virus

Reproduksi virus melibatkan serangkaian tahapan di mana virus memasukkan materi genetiknya ke dalam sel inang, mengambil alih sistem seluler inang, dan menghasilkan lebih banyak partikel virus baru. Proses ini dikenal sebagai siklus litik, yang terjadi dalam lima tahapan utama: adsorpsi, penetrasi, sintesis, pematangan, dan lisis.

a. Tahap Adsorpsi (Penempelan Virus pada Sel Inang)



(a) Tahap Adsorpsi (b) Tahap Penetrasi-Researchgate.net

Tahap pertama dalam reproduksi virus adalah adsorpsi, yaitu proses di mana virus menempel pada permukaan sel inang. Penempelan ini terjadi karena adanya interaksi antara protein virus dan reseptor spesifik yang terdapat pada membran sel inang. Reseptor ini berfungsi sebagai "pintu masuk" bagi virus, yang menentukan apakah suatu virus dapat menginfeksi jenis sel tertentu.

Setiap virus memiliki spesifisitas terhadap inangnya, yang berarti mereka hanya dapat menginfeksi sel yang memiliki reseptor yang cocok. Sebagai contoh, virus influenza memiliki protein hemagglutinin (HA) yang menempel pada reseptor sialic acid di sel saluran pernapasan manusia. HIV memiliki protein gp120 yang mengenali dan berikatan dengan reseptor CD4 pada sel limfosit T manusia. Virus

yang menginfeksi bakteri, seperti bakteriofag T4, memiliki serat ekor khusus yang membantu mereka menempel pada dinding sel bakteri.

Adsorpsi merupakan tahap krusial dalam infeksi virus karena jika virus tidak dapat mengenali reseptor sel targetnya, maka ia tidak akan bisa menginfeksi sel tersebut. Oleh karena itu, pemahaman mengenai tahap adsorpsi ini sangat penting dalam pengembangan obat antivirus yang bertujuan untuk menghambat interaksi antara virus dan sel inang.

b. Tahap Penetrasi (Masuknya Materi Genetik ke dalam Sel Inang)

Tahap penetrasi ini memungkinkan virus untuk masuk ke dalam sel inang dan memulai proses replikasi serta sintesis komponen virus baru. Setelah menempel pada sel inang, virus akan memasukkan materi genetiknya ke dalam sel melalui mekanisme yang berbeda, tergantung pada jenis virusnya. Secara umum, terdapat tiga mekanisme utama yang digunakan virus untuk masuk ke dalam sel inang:

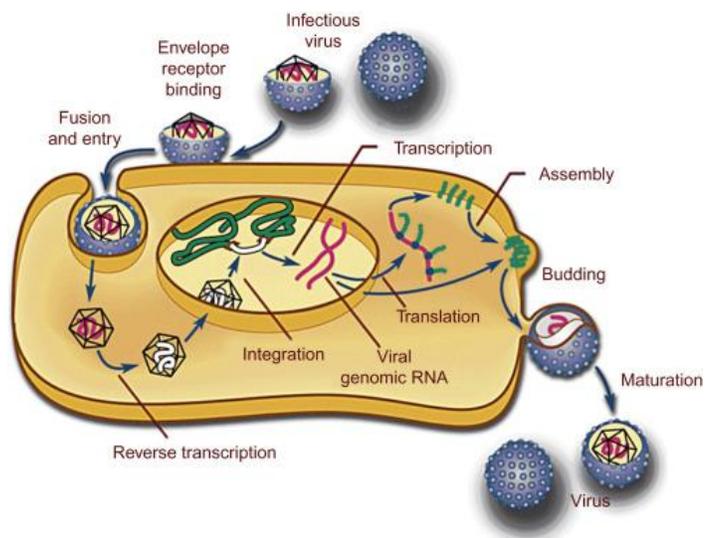
- ▷ Injeksi Materi Genetik (Bakteriofag): Virus bakteriofag, seperti bakteriofag T4, hanya menyuntikkan DNA-nya ke dalam sel bakteri, sementara kapsidnya tetap berada di luar sel. Hal ini dilakukan dengan cara menembus dinding sel bakteri menggunakan enzim lisozim yang dimiliki oleh virus.
- ▷ Endositosis (Virus Hewan Tanpa Selubung): Virus yang tidak memiliki selubung lipid (*naked virus*), seperti virus polio, memasuki sel inang melalui proses endositosis, yaitu mekanisme di mana sel inang "menelan" virus ke dalamnya melalui vesikel endositik.
- ▷ Fusi Membran (Virus Hewan Berselubung Lipid): Virus yang memiliki selubung lipid (*enveloped virus*), seperti HIV dan virus influenza, dapat masuk ke dalam sel melalui fusi membran, di mana selubung virus menyatu dengan membran sel inang dan melepaskan materi genetiknya ke dalam sitoplasma.

c. Tahap Sintesis (Replikasi DNA/RNA dan Sintesis Protein Virus)

Setelah masuk ke dalam sel inang, virus mulai mengambil alih sistem seluler inang untuk menggandakan materi genetiknya dan menghasilkan protein kapsid baru. Tahap ini sangat penting dalam siklus hidup virus karena menentukan seberapa cepat dan banyak virus baru yang dapat diproduksi.

Proses sintesis ini bervariasi tergantung pada jenis materi genetik yang dimiliki virus:

- ▷ Virus DNA: Materi genetik virus DNA umumnya masuk ke dalam inti sel inang dan menggunakan enzim DNA polimerase dari sel inang untuk mereplikasi dirinya. Contohnya adalah virus herpes dan adenovirus.
- ▷ Virus RNA: Virus RNA biasanya bereplikasi di sitoplasma, menggunakan enzim RNA polimerase untuk menggandakan RNA-nya. Virus RNA seperti virus influenza menggunakan enzim sendiri untuk memperbanyak RNA-nya.
- ▷ Retrovirus (seperti HIV): Menggunakan enzim reverse transcriptase untuk mengubah RNA-nya menjadi DNA, yang kemudian menyisip ke dalam genom sel inang dan direplikasi bersama DNA sel inang.



Tahap Sintesis dan Pematangan Virus-Sciencedirect.com

Selain menggandakan materi genetik, tahap sintesis juga melibatkan produksi protein kapsid dan enzim virus yang diperlukan untuk membentuk partikel virus baru. Ribosom sel inang digunakan untuk menerjemahkan mRNA virus menjadi protein struktural dan enzim virus.

d. Tahap Pematangan (Perakitan Virus Baru)

Setelah proses sintesis selesai, semua komponen virus yang telah diproduksi akan dirakit menjadi partikel virus baru dalam tahap pematangan. Proses ini melibatkan penyusunan kapsid, materi genetik, serta protein tambahan yang diperlukan untuk membentuk virion yang lengkap.

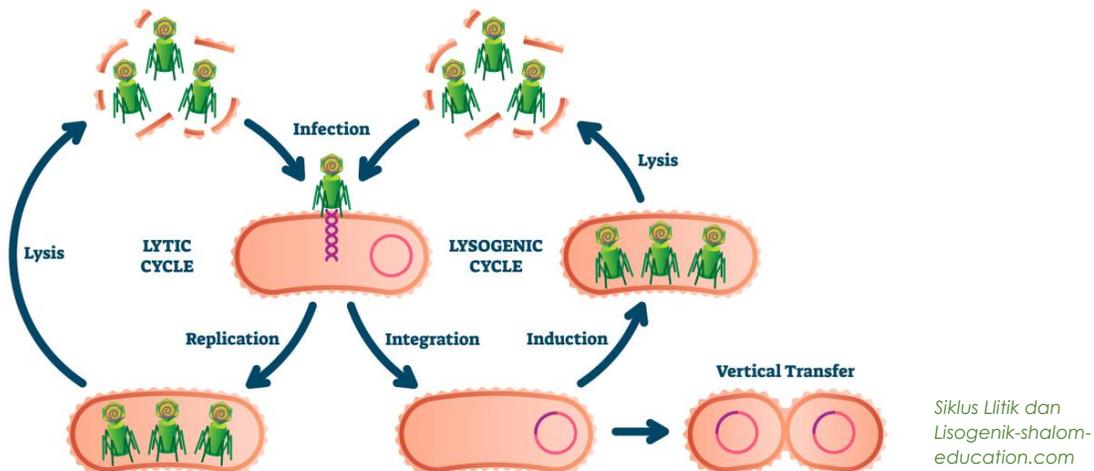
Pada beberapa virus, seperti bakteriofag, tahap pematangan terjadi dalam tahapan yang teratur, di mana kepala ikosahedral dirakit terlebih dahulu, kemudian diikuti oleh penyambungan ekor dan serat ekor. Pada virus RNA seperti virus influenza, proses perakitan terjadi di dalam sitoplasma sebelum virion yang lengkap dikeluarkan dari sel inang.

Keberhasilan tahap ini sangat penting karena jika ada kesalahan dalam perakitan, virus yang dihasilkan bisa menjadi tidak fungsional dan gagal menginfeksi sel inang lainnya.

e. Tahap Lisis (Pelepasan Virus Baru dari Sel Inang)

Tahap lisis adalah tahap akhir dalam siklus reproduksi virus, di mana virus-virus baru yang telah matang dilepaskan dari sel inang dan siap untuk menginfeksi sel lain. Setelah virus mereplikasi dirinya dalam jumlah besar, sel inang tidak lagi mampu menampung partikel virus yang terus bertambah. Pada titik ini, ada dua mekanisme utama yang digunakan virus untuk keluar dari sel inangnya, yaitu **lisis sel** dan **eksositosis atau budding**.

▷ Siklus Litik



Siklus litik adalah mekanisme reproduksi virus yang menyebabkan hancurnya sel inang setelah virus berhasil bereproduksi di dalamnya. Virus yang menggunakan siklus ini disebut virus litik, yang menciptakan banyak virus baru dalam waktu singkat, lalu melepaskannya melalui lisis sel. Siklus ini biasanya menghasilkan infeksi akut, dengan gejala yang muncul dengan cepat setelah infeksi terjadi.

Tahapan dalam siklus litik adalah sebagai berikut:

- Adsorpsi: Virus menempel pada reseptor spesifik di permukaan sel inang.
- Penetrasi: Virus memasukkan materi genetiknya ke dalam sel inang, baik melalui injeksi (pada bakteriofag) atau melalui mekanisme endositosis/fusi membran (pada virus hewan).

- Sintesis: DNA atau RNA virus mengambil alih mesin seluler inang untuk memproduksi lebih banyak materi genetik dan protein virus.
- Pematangan: Komponen virus yang telah dibuat dirakit menjadi partikel virus baru.
- Lisis: Virus menghasilkan enzim yang menyebabkan dinding sel inang pecah, melepaskan virus-virus baru ke lingkungan.

Contoh virus yang bereproduksi melalui siklus litik adalah bakteriofag T4, yang menginfeksi bakteri *E. coli*, serta virus influenza, yang menyebabkan penyakit flu akut pada manusia.

Siklus litik menyebabkan penyebaran virus yang cepat di dalam tubuh atau lingkungan, sehingga sering kali dikaitkan dengan penyakit yang bersifat akut dan mudah menular.

▷ Siklus Lisogenik

Tidak semua virus langsung menyebabkan kematian sel inang setelah masuk ke dalam tubuh. Beberapa virus menggunakan strategi yang lebih tersembunyi, yaitu siklus lisogenik, di mana virus menyisipkan materi genetiknya ke dalam DNA sel inang tanpa langsung mereplikasi dirinya. Virus yang menggunakan siklus ini disebut virus lisogenik.

Dalam siklus lisogenik, DNA virus yang telah masuk ke dalam sel inang akan bergabung dengan DNA inang dan membentuk provirus atau profag. Provirus ini dapat tetap tidak aktif selama waktu yang lama tanpa menyebabkan gejala, tetapi ketika kondisi tertentu terpenuhi, provirus dapat menjadi aktif kembali dan memasuki siklus litik untuk mulai memperbanyak diri.

Tahapan dalam siklus lisogenik adalah sebagai berikut:

- Adsorpsi: Virus menempel pada permukaan sel inang.
- Penetrasi: Virus memasukkan materi genetiknya ke dalam sel inang.
- Integrasi: DNA virus menyisip ke dalam DNA sel inang, membentuk provirus (pada virus hewan) atau profag (pada bakteriofag).
- Replikasi bersama DNA inang: Setiap kali sel inang membelah, DNA virus juga ikut tereplikasi tanpa menyebabkan kerusakan pada sel.
- Aktivasi: Jika kondisi tertentu terjadi (seperti stres atau melemahnya sistem imun), provirus dapat menjadi aktif dan memasuki siklus litik untuk mulai memperbanyak diri dan menyebabkan infeksi.

Siklus lisogenik menyebabkan infeksi yang lebih lambat dan bersifat laten, di mana virus dapat tetap berada dalam tubuh inang selama bertahun-tahun sebelum menunjukkan gejala. Contoh virus yang menggunakan siklus lisogenik adalah HIV, virus herpes, dan virus hepatitis B.



Contoh Soal

Seorang peneliti mengamati bahwa sel inang yang terinfeksi virus tidak segera mengalami lisis, melainkan tetap hidup selama beberapa generasi sebelum akhirnya mengalami kematian akibat aktivitas virus. Berdasarkan hal ini, jenis reproduksi virus yang diamati kemungkinan besar adalah...

- A. Siklus Litik
- B. Siklus Lisogenik
- C. Transformasi Genetik
- D. Replikasi DNA Mandiri
- E. Endositosis Seluler

Jawaban Benar: B. Siklus Lisogenik

Pembahasan:

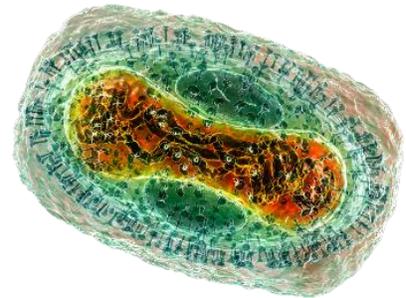
Dalam siklus lisogenik, virus menyisipkan materi genetiknya ke dalam DNA sel inang tanpa langsung menghancurkan sel tersebut. Sel yang terinfeksi akan terus membelah dan membawa materi genetik virus hingga kondisi tertentu menyebabkan virus masuk ke siklus litik, yang akhirnya menghancurkan sel inang.



Biologipedia

Cara Hidup dan Reproduksi Virus

- ▷ Virus hanya bisa hidup dan berkembang biak dalam sel inang, yang bisa berupa bakteri, tumbuhan, hewan, atau manusia.
- ▷ Siklus litik menyebabkan sel inang pecah dan mati, sementara siklus lisogenik memungkinkan virus tetap tersembunyi dalam DNA sel inang selama bertahun-tahun sebelum menjadi aktif kembali.
- ▷ Virus seperti HIV dan herpes menggunakan siklus lisogenik, itulah sebabnya infeksi mereka bisa bertahan lama dan muncul kembali setelah bertahun-tahun.





4. Klasifikasi Virus

Virus diklasifikasikan berdasarkan jenis asam nukleat (DNA atau RNA), bentuk kapsid, ada atau tidaknya selubung lipid, serta inang yang mereka infeksi. Virus DNA lebih stabil dan bereplikasi di inti sel, sedangkan virus RNA lebih mudah bermutasi dan bereplikasi di sitoplasma. Berdasarkan bentuk kapsidnya, virus dapat berbentuk polihedral, heliks, atau kompleks, yang berpengaruh pada cara virus menginfeksi sel inang. Virus juga dibedakan menjadi virus berselubung yang rentan terhadap alkohol dan deterjen serta virus telanjang yang lebih tahan terhadap kondisi ekstrem. Berdasarkan inangnya, terdapat bakteriofag yang menginfeksi bakteri, virus tumbuhan, serta virus hewan dan manusia, seperti rabies, flu, HIV, dan COVID-19.

Salah satu sistem klasifikasi virus yang diakui adalah *International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV)*, yang mengelompokkan virus berdasarkan kemiripan struktur, genom, dan mekanisme replikasi dalam tiga tingkatan utama yaitu, ordo, famili, dan genus. Klasifikasi ini membantu memahami karakteristik virus serta mendukung pengembangan vaksin, obat antivirus, dan strategi pengendalian penyakit.

Ordo

- Ordo merupakan tingkat klasifikasi tertinggi dalam sistem ICTV. Virus dalam satu ordo memiliki karakteristik yang mirip dalam hal genom, replikasi, dan struktur virus.
- Contoh: Ordo *Mononegavirales* mencakup virus dengan genom RNA untai tunggal negatif (-ssRNA), seperti virus rabies (*Lyssavirus*) dan virus Ebola (*Filovirus*).

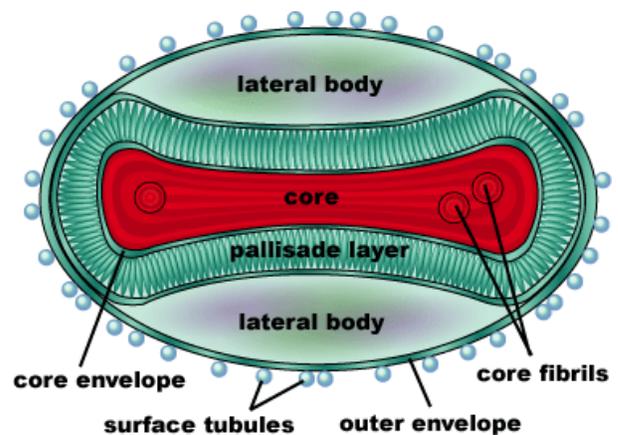
Famili

- Famili merupakan kelompok virus yang memiliki kemiripan lebih spesifik dalam hal morfologi, genom, dan strategi replikasi.
- Contoh: Famili *Coronaviridae*, yang mencakup virus-virus corona seperti SARS-CoV-2 (penyebab COVID-19) dan MERS-CoV (penyebab MERS).

Genus

- Genus merupakan tingkatan klasifikasi yang lebih spesifik, di mana virus dalam satu genus memiliki kesamaan yang lebih erat dalam sifat biologis dan patogenitasnya.
- Contoh: Genus *Orthopoxvirus* dalam famili *Poxviridae*, yang mencakup Variola virus (penyebab cacar variola) dan Vaccinia virus (digunakan dalam vaksinasi cacar).

Sistem ICTV ini digunakan untuk memastikan bahwa virus diklasifikasikan secara sistematis dan dapat dipahami oleh ilmuwan di seluruh dunia, serta membantu dalam penelitian virologi, pengembangan vaksin, dan pengendalian penyakit akibat virus.



Virus Variola-proteopedia.org

Dasar yang Digunakan untuk Klasifikasi Virus

Virus diklasifikasikan berdasarkan berbagai **karakteristik** yang membedakannya dari organisme lainnya. Beberapa dasar yang digunakan untuk klasifikasi virus antara lain:

a. Jenis Asam Nukleat

Virus dapat memiliki DNA atau RNA sebagai materi genetiknya. Virus DNA memiliki stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan virus RNA yang sering bermutasi.

b. Ukuran, Morfologi, Jenis Simetri, Jumlah Kapsomer, dan Ada atau Tidaknya Membran

Virus diklasifikasikan berdasarkan ukuran dan bentuk kapsidnya, apakah berbentuk heliks, ikosahedral, atau kompleks. Virus juga dibedakan berdasarkan jumlah kapsomer (unit protein penyusun kapsid) dan apakah virus tersebut memiliki selubung lipid atau tidak.

c. Kerentanan terhadap Pengaruh Kimia dan Fisika

Beberapa virus lebih tahan terhadap desinfektan, panas, atau perubahan pH dibandingkan virus lain. Hal ini menjadi salah satu dasar dalam pengelompokan virus.

d. Kandungan Enzim Tertentu yang Dimiliki

Virus dapat mengandung enzim-enzim khusus, seperti reverse transcriptase yang dimiliki oleh virus retrovirus. Ini menjadi salah satu kriteria dalam mengklasifikasikan virus.

e. Sifat Immunologis

Virus juga dikelompokkan berdasarkan reaksi terhadap antibodi atau antigen tertentu yang ada pada permukaan virus. Virus yang memiliki antigen yang sama dapat dikelompokkan dalam satu kelompok.

f. Jenis Sel Inang (Keseserasian Reseptor)

Virus sangat spesifik dalam hal sel inang yang dapat mereka infeksi. Misalnya, virus HIV menginfeksi sel T CD4 pada manusia, sedangkan virus influenza menginfeksi sel epitel saluran pernapasan.

g. Cara Penularan Secara Alami

Virus dapat diklasifikasikan berdasarkan cara penularannya, apakah melalui udara, air, atau kontak langsung, seperti pada virus penyebab HIV atau hepatitis.

h. Simptomatologi (Penyakit yang Ditimbulkan)

Virus juga dapat diklasifikasikan berdasarkan penyakit yang disebabkan pada inang. Misalnya, virus yang menyebabkan demam berdarah, influenza, atau rabies dikelompokkan berdasarkan gejala dan kerusakan yang ditimbulkan pada inang.

Sistem Klasifikasi Virus Menurut ICTV

Menurut sistem ICTV (*International Committee on Taxonomy of Viruses*), terdapat tiga tingkatan takson dalam klasifikasi virus, yaitu famili, genus, dan spesies.

- 1) Famili diakhiri dengan akhiran -viridae, seperti *Poxviridae* atau *Coronaviridae*.
- 2) Genus diakhiri dengan akhiran -virus, seperti *Orthopoxvirus* atau *Betacoronavirus*.
- 3) Spesies diberi nama sesuai dengan virus yang ditimbulkan, dan nama spesies dicetak miring, seperti *Variola virus* (penyebab cacar) atau *SARS-CoV-2* (penyebab COVID-19).

Contoh Klasifikasi Virus:

- ▷ **Famili:** *Poxviridae*
Genus: *Orthopoxvirus*
Spesies: *Variola virus* (penyebab cacar)
- ▷ **Famili:** *Picornaviridae*
Genus: *Enterovirus*
Spesies: *Poliovirus* (penyebab polio)
- ▷ **Famili:** *Coronaviridae*
Genus: *Betacoronavirus*
Spesies: SARS-CoV-2 (penyebab COVID-19)

Contoh Soal

Sebuah virus baru ditemukan memiliki genom DNA untai ganda, kapsid berbentuk ikosahedral, dan dapat menginfeksi hewan. Berdasarkan sistem klasifikasi ICTV, virus ini kemungkinan besar termasuk dalam...

- A. Ordo Mononegavirales, Famili Filoviridae, Genus Ebolavirus
- B. Ordo Herpesvirales, Famili Herpesviridae, Genus Herpesvirus
- C. Ordo Nidovirales, Famili Coronaviridae, Genus Betacoronavirus
- D. Ordo Picornavirales, Famili Picornaviridae, Genus Enterovirus
- E. Ordo Bunyavirales, Famili Peribunyaviridae, Genus Orthobunyavirus

Jawaban Benar: B. Ordo Herpesvirales, Famili Herpesviridae, Genus Herpesvirus

Pembahasan:

Virus dengan genom DNA untai ganda, kapsid ikosahedral, dan menginfeksi hewan termasuk dalam ordo *Herpesvirales*, famili *Herpesviridae*, genus *Herpesvirus*, seperti *Herpes Simplex Virus* (HSV) yang menyebabkan herpes pada manusia.



Biologipedia

Klasifikasi Virus

- ▷ Virus diklasifikasikan berdasarkan jenis materi genetiknya (DNA atau RNA), bentuk kapsid, ada atau tidaknya selubung lipid, serta inang yang mereka infeksi.
- ▷ Menurut ICTV (International Committee on Taxonomy of Viruses), virus dikelompokkan dalam tiga tingkatan utama: Ordo, Famili, dan Genus.
- ▷ Virus DNA seperti Herpesvirus cenderung lebih stabil, sedangkan virus RNA seperti Influenza dan HIV sering bermutasi, membuatnya lebih sulit untuk dikendalikan dengan vaksin.





5. Peran-Peran Virus dalam Kehidupan

Virus sering kali dikaitkan dengan penyakit dan infeksi berbahaya, tetapi keberadaannya juga memiliki manfaat dalam berbagai aspek kehidupan. Dalam dunia biologi, virus memainkan peran penting, baik sebagai agen penyakit maupun sebagai alat dalam penelitian ilmiah dan bioteknologi. Secara umum, peranan virus dalam kehidupan dapat dikategorikan menjadi peran yang menguntungkan dan peran yang merugikan.

Keuntungan dari Keberadaan Virus

Beberapa manfaat virus yang menguntungkan antara lain:

a. Dalam Bioteknologi dan Rekayasa Genetika

Virus dapat digunakan sebagai vektor dalam terapi gen, yaitu teknik untuk memperbaiki atau menggantikan gen yang rusak dalam tubuh manusia. Retrovirus seperti lentivirus dapat digunakan untuk menyisipkan gen baru ke dalam genom manusia, yang sangat berguna dalam pengobatan penyakit genetik, seperti hemofilia dan penyakit imunodefisiensi bawaan. Selain itu, virus juga digunakan dalam pembuatan vaksin rekombinan, di mana virus yang dilemahkan atau bagian dari virus digunakan untuk merangsang respons imun tanpa menyebabkan penyakit. Contohnya adalah vaksin COVID-19 berbasis adenovirus, seperti AstraZeneca dan Johnson & Johnson, yang menggunakan virus adenovirus sebagai vektor.

b. Dalam Pengendalian Hama Pertanian

Beberapa virus digunakan sebagai agen biokontrol untuk mengendalikan hama tanaman secara alami, menggantikan pestisida kimia yang berbahaya bagi lingkungan. Contohnya adalah Baculovirus, yang digunakan sebagai insektisida biologis untuk mengendalikan populasi serangga perusak tanaman seperti ulat pemakan daun.

c. Dalam Penelitian Ilmiah dan Kedokteran

Virus menjadi objek penelitian yang sangat penting dalam biologi molekuler dan genetika. Studi tentang virus telah membantu ilmuwan memahami mekanisme replikasi DNA dan RNA, ekspresi gen, pembuatan vaksin serta interaksi antarorganisme. Salah satu contoh paling terkenal adalah penelitian tentang bakteriofag yang membantu mengungkap dogma sentral biologi molekuler (DNA untuk RNA untuk Protein) serta teknik rekayasa genetik dalam pengobatan modern.

d. Dalam Lingkungan dan Ekologi

Virus juga memainkan peran penting dalam ekosistem. Di lautan, virus membantu mengendalikan populasi mikroorganisme dengan menginfeksi dan menghancurkan bakteri laut, yang pada akhirnya berkontribusi dalam siklus karbon dan keseimbangan ekosistem laut.



[Vaksin-kemkes.go.id](https://vaksin-kemkes.go.id)

Kerugian Akibat Keberadaan Virus

Infeksi virus dapat menyebabkan penyakit ringan hingga yang mematikan, serta berkontribusi terhadap berbagai masalah kesehatan masyarakat. Pada manusia, virus telah menjadi penyebab banyak wabah dan pandemi di sepanjang sejarah. Penyakit yang disebabkan oleh virus dapat menyebar melalui berbagai

cara, seperti kontak langsung, udara, makanan dan minuman, serta vektor seperti nyamuk dan hewan lainnya.

Virus yang menginfeksi manusia dapat menyerang berbagai sistem organ, seperti sistem pernapasan, pencernaan, saraf, kulit, dan sistem kekebalan tubuh. Beberapa virus bahkan bersifat onkogenik, yang berarti dapat memicu pertumbuhan sel abnormal dan menyebabkan kanker. Berikut adalah berbagai penyakit yang disebabkan oleh virus pada manusia, berdasarkan organ atau sistem yang terinfeksi.

a. Penyakit yang Disebabkan Virus pada Manusia

1) Gondongan (Mumps)

Gondongan disebabkan oleh virus Paramyxovirus, yang menyerang kelenjar ludah dan menyebabkan pembengkakan yang menyakitkan di sekitar rahang dan leher. Penyakit ini umumnya menyerang anak-anak, tetapi juga dapat terjadi pada orang dewasa. Gejala utama meliputi demam, sakit kepala, nyeri saat mengunyah atau menelan, dan pembengkakan kelenjar parotis. Dalam kasus yang jarang terjadi, gondongan dapat menyebabkan komplikasi serius seperti meningitis virus, pankreatitis, dan infertilitas pada pria akibat peradangan testis (*orkitis*). Penyakit ini dapat dicegah dengan vaksin MMR (Measles, Mumps, and Rubella).

2) Herpes

Herpes adalah infeksi yang disebabkan oleh **Herpes Simplex Virus (HSV)**, yang terbagi menjadi dua jenis utama:

- **HSV-1** menyebabkan luka lepuh di sekitar mulut dan wajah (*herpes oral*).
- **HSV-2** menyebabkan luka pada alat kelamin (*herpes genital*).

Virus herpes dapat tetap **laten di dalam tubuh** dan muncul kembali saat sistem imun melemah, menyebabkan kekambuhan berkala. Tidak ada obat yang dapat menyembuhkan herpes sepenuhnya, tetapi obat antivirus seperti **Acyclovir** dapat membantu mengendalikan gejala dan mengurangi frekuensi kambuh.



Variola-Wikipedia.com

3) Cacar Variola (Smallpox)

Cacar variola, yang disebabkan oleh **Variola virus**, adalah salah satu penyakit paling mematikan dalam sejarah manusia. Penyakit ini menyebabkan ruam yang berisi nanah di seluruh tubuh, demam tinggi, serta dapat berujung pada kematian. Berkat vaksinasi massal, cacar variola berhasil **diberantas secara global pada tahun 1980**, menjadikannya satu-satunya penyakit manusia yang telah diberantas total oleh vaksin.

4) Cacar Air (Varisela) dan Herpes Zoster

Cacar air disebabkan oleh **Varicella-Zoster Virus (VZV)**, yang menyebabkan ruam berbintik merah gatal di seluruh tubuh. Setelah seseorang sembuh dari cacar air, virus ini tidak benar-benar hilang dari tubuh, melainkan tetap **dorman di dalam sel saraf**. Jika virus aktif kembali di kemudian hari, ia akan menyebabkan **herpes zoster (shingles)**, yang ditandai dengan munculnya ruam menyakitkan yang menyebar sepanjang saraf tertentu di tubuh. **Vaksin varisela** dapat melindungi dari cacar air, sedangkan **vaksin herpes zoster** tersedia untuk mencegah reaktivasi virus pada orang dewasa.

5) Hepatitis

Hepatitis adalah peradangan hati yang disebabkan oleh virus hepatitis, yang terbagi menjadi lima jenis utama: Hepatitis A, B, C, D, dan E.

- Hepatitis A dan E ditularkan melalui makanan dan minuman yang terkontaminasi.

- Hepatitis B, C, dan D ditularkan melalui kontak darah, hubungan seksual, atau dari ibu ke bayi saat persalinan.
- Hepatitis B dan C dapat berkembang menjadi sirosis dan kanker hati jika tidak ditangani.

Vaksin tersedia untuk Hepatitis A dan B, tetapi tidak untuk Hepatitis C, yang saat ini hanya bisa diobati dengan obat antivirus seperti Sofosbuvir.

6) Influenza dan Parainfluenza

Influenza disebabkan oleh virus Influenza tipe A, B, dan C, yang menyerang sistem pernapasan dan menyebabkan gejala seperti demam, batuk, nyeri otot, dan kelelahan. Influenza sering kali mengalami mutasi, sehingga vaksin flu perlu diperbarui setiap tahun. Virus parainfluenza juga menyebabkan infeksi saluran pernapasan, terutama pada anak-anak, dan dapat memicu penyakit seperti croup (radang tenggorokan yang menyebabkan batuk menggonggong).

7) Campak (Measles)

Campak disebabkan oleh virus Measles (Morbillivirus) dan merupakan salah satu penyakit virus paling menular. Gejala awal meliputi demam tinggi, batuk, pilek, mata merah, dan ruam khas yang menyebar dari wajah ke seluruh tubuh. Komplikasi serius dari campak dapat berupa pneumonia, radang otak (ensefalitis), dan kebutaan. Penyakit ini dapat dicegah dengan vaksin MMR.



Pengidap HIV/AIDS-congkasae.com

8) AIDS (Acquired Immunodeficiency Syndrome)

AIDS disebabkan oleh HIV (Human Immunodeficiency Virus), yang menyerang sistem kekebalan tubuh dan membuat penderitanya rentan terhadap infeksi oportunistik. HIV ditularkan melalui darah, hubungan seksual, dan dari ibu ke bayi saat persalinan atau menyusui. Hingga saat ini, belum ada obat yang dapat menyembuhkan HIV, tetapi terapi antiretroviral (ARV) dapat menekan replikasi virus dan memungkinkan penderita hidup lebih lama dengan kualitas hidup yang lebih baik.

9) Poliomielitis (Polio)

Polio disebabkan oleh Poliovirus, yang menyerang sistem saraf dan dapat menyebabkan kelumpuhan permanen. Penyakit ini terutama menyerang anak-anak dan dapat dicegah dengan vaksin polio yang diberikan sejak bayi.

10) Tumor, Kanker, Karsinoma, dan Kutil

Beberapa virus memiliki sifat **onkogenik**, yang berarti dapat menyebabkan kanker. Contohnya:

- ▷ *Human Papillomavirus* (HPV): Penyebab kanker serviks dan kutil kelamin.
- ▷ *Epstein-Barr Virus* (EBV): Berhubungan dengan limfoma Burkitt dan kanker nasofaring.
- ▷ Hepatitis B dan C: Dapat menyebabkan kanker hati.

11) Demam Berdarah Dengue (DBD)

DBD disebabkan oleh virus Dengue, yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti*. Gejalanya meliputi demam tinggi, nyeri otot dan sendi, serta risiko perdarahan serius yang dapat berakibat fatal.

12) Chikungunya

Chikungunya juga ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti* dan menyebabkan nyeri sendi yang berkepanjangan, demam tinggi, dan ruam.

13) Ebola

Penyakit akibat virus Ebola memiliki tingkat kematian yang sangat tinggi (hingga 90%) dan menyebabkan demam berdarah parah. Virus ini menyebar melalui kontak langsung dengan darah atau cairan tubuh penderita.

14) Flu Burung (*Avian Influenza*)

Disebabkan oleh virus Influenza A (H5N1 dan H7N9) yang ditularkan dari burung ke manusia dan memiliki tingkat kematian tinggi.

15) SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*)

SARS disebabkan oleh SARS-CoV, yang menyerang sistem pernapasan dan dapat menyebabkan komplikasi berat. Pandemi SARS pada 2002–2003 menewaskan ribuan orang di seluruh dunia.

b. Penyakit pada Hewan yang Disebabkan Virus

Virus tidak hanya menyerang manusia, tetapi juga dapat menginfeksi berbagai jenis hewan, termasuk mamalia, unggas, dan hewan ternak. Penyakit yang disebabkan oleh virus pada hewan dapat menimbulkan **kerugian ekonomi besar** di sektor peternakan dan perikanan, serta berpotensi menular ke manusia melalui mekanisme **zoonosis**. Berikut adalah beberapa penyakit virus yang menyerang hewan.

1) Rabies

Rabies adalah penyakit mematikan yang menyerang sistem saraf pusat dan disebabkan oleh Rabies virus, yang termasuk dalam genus *Lyssavirus*. Virus ini menyebar melalui gigitan hewan yang terinfeksi, terutama anjing, kucing, kelelawar, dan rakun. Setelah masuk ke tubuh, virus bergerak melalui saraf menuju otak dan menyebabkan peradangan otak akut yang hampir selalu berujung pada kematian jika tidak ditangani sebelum gejala muncul.

Gejala rabies pada hewan termasuk perubahan perilaku, agresivitas, liur berlebihan, dan gangguan koordinasi gerakan. Pada manusia, gejalanya meliputi demam, kesemutan di area gigitan, kecemasan, hidrofobia (takut air), dan kejang-kejang sebelum akhirnya mengalami koma dan kematian. Vaksin rabies sangat efektif dalam mencegah penyakit ini, baik pada hewan maupun manusia.

2) Penyakit Mulut dan Kuku (PMK)

Penyakit Mulut dan Kuku (PMK atau *Foot and Mouth Disease, FMD*) adalah penyakit virus yang sangat menular yang menyerang hewan ternak seperti sapi, kambing, domba, dan babi. Penyakit ini disebabkan oleh Foot and Mouth Disease Virus (FMDV) dari famili *Picornaviridae*.

Gejala utama PMK meliputi:

- ▷ Luka melepuh pada mulut, lidah, dan kaki hewan, yang menyebabkan kesulitan makan dan berjalan.
- ▷ Demam tinggi dan penurunan produksi susu pada sapi.
- ▷ Penurunan berat badan karena kehilangan nafsu makan.



Penyakit Mulut dan Kuku-business.qld.gov.au

PMK dapat menyebar dengan cepat melalui kontak langsung antara hewan yang terinfeksi atau melalui pakan, air, dan alat-alat peternakan yang terkontaminasi. Meskipun PMK jarang berakibat fatal, penyakit ini dapat menyebabkan kerugian ekonomi besar di industri peternakan karena penurunan produktivitas hewan dan pembatasan perdagangan ternak. Vaksinasi dan biosekuriti yang ketat sangat penting untuk mengendalikan penyebarannya.

3) Tetelo (*Newcastle Disease*)

Tetelo atau Newcastle Disease (ND) adalah penyakit virus yang menyerang unggas, terutama ayam dan burung, dan disebabkan oleh Newcastle Disease Virus (NDV) dari genus *Avulavirus*. Penyakit ini sangat menular dan dapat menyebabkan kematian massal dalam populasi unggas.

Gejala Tetelo pada unggas antara lain:

- ▷ Gangguan pernapasan (batuk, bersin, kesulitan bernapas).
- ▷ Diare hijau dan penurunan produksi telur pada ayam petelur.
- ▷ Kelumpuhan, kepala terpuntir (*torticollis*), dan gemetar akibat infeksi sistem saraf pusat.

Tetelo menyebar melalui kontak langsung dengan unggas yang terinfeksi, serta melalui udara, air minum, dan pakan yang telah terkontaminasi virus. Penyakit ini dapat dicegah dengan vaksinasi rutin dan kebersihan kandang yang baik.

4) Tumor pada Hewan

Beberapa virus dapat menyebabkan tumor atau kanker pada hewan. Salah satu contohnya adalah **Feline Leukemia Virus (FeLV)**, yang menyerang kucing dan dapat menyebabkan leukemia serta berbagai jenis tumor ganas.

Contoh lain adalah **Marek's Disease Virus (MDV)** pada ayam, yang menyebabkan limfoma dan gangguan saraf pada unggas. Penyakit ini sangat berbahaya bagi industri peternakan ayam karena dapat menyebabkan **penurunan produksi dan kematian tinggi** pada ayam yang terinfeksi. Vaksinasi terhadap MDV sangat penting untuk mencegah penyebarannya di peternakan ayam.

c. Penyakit pada Tumbuhan yang Disebabkan Virus

Virus juga dapat menyerang tanaman, menyebabkan berbagai penyakit yang berdampak pada hasil panen dan kualitas produk pertanian. Penyakit virus pada tumbuhan sering kali menurunkan produktivitas dan ketahanan tanaman, serta menyebabkan perubahan warna, bentuk, dan pertumbuhan yang abnormal. Penyebaran virus pada tanaman dapat terjadi melalui serangga vektor, kontak dengan alat pertanian yang terkontaminasi, atau melalui biji dan bibit yang telah terinfeksi. Berikut beberapa penyakit virus utama yang menyerang tumbuhan.

1) Penyakit TYLC (*Tomato Yellow Leaf Curl Virus*)



Penyakit TYLC (*Tomato Yellow Leaf Curl Virus*) menyerang tanaman tomat dan menyebabkan gejala khas berupa daun yang menguning dan melengkung ke atas, serta pertumbuhan tanaman yang terhambat. Virus ini ditularkan oleh kutu putih (*Bemisia tabaci*), yang menghisap getah tanaman yang telah terinfeksi dan menyebarkan virus ke tanaman sehat.

Dampak TYLC pada pertanian sangat besar karena tanaman yang terinfeksi akan mengalami penurunan produksi buah secara signifikan. Cara pencegahan utama adalah dengan menggunakan bibit tahan virus, mengontrol populasi kutu putih dengan insektisida, serta menanam tanaman perangkap yang dapat mengurangi penyebaran virus.

2) Tungro pada Padi

Penyakit Tungro disebabkan oleh *Rice Tungro Bacilliform Virus* (RTBV) dan *Rice Tungro Spherical Virus* (RTSV), yang menyerang tanaman padi dan menyebabkan pertumbuhan yang kerdil serta daun yang menguning. Virus ini ditularkan oleh wereng hijau (*Nephotettix virescens*), yang merupakan vektor utama dalam penyebaran penyakit ini.

Gejala tungro meliputi:

- ▷ Daun padi berubah warna menjadi kuning atau jingga.
- ▷ Pertumbuhan padi menjadi kerdil dan anakan berkurang.
- ▷ Hasil panen menurun drastis, menyebabkan kerugian besar bagi petani.

Pencegahan tungro dapat dilakukan dengan menanam varietas padi yang tahan terhadap virus, mengendalikan populasi wereng hijau, serta melakukan rotasi tanaman untuk mengurangi sumber infeksi.

3) Mosaik pada Tanaman

Penyakit mosaik disebabkan oleh berbagai virus, termasuk Tobacco Mosaic Virus (TMV) pada tembakau, Cucumber Mosaic Virus (CMV) pada mentimun, dan Pepper Mosaic Virus (PMV) pada cabai. Penyakit ini menyebabkan bintik-bintik hijau muda dan tua yang tidak merata pada daun tanaman, sehingga menghambat proses fotosintesis dan mengurangi hasil panen.

Gejala mosaik pada tanaman meliputi:

- ▷ Daun tanaman mengalami perubahan warna dengan pola mosaik hijau dan kuning.
- ▷ Pertumbuhan tanaman menjadi kerdil dan terhambat.
- ▷ Buah yang dihasilkan berukuran lebih kecil dan kurang berkualitas.

Virus mosaik menyebar melalui serangga vektor seperti kutu daun, serta melalui alat pertanian yang telah terkontaminasi getah tanaman yang terinfeksi. Pencegahan dapat dilakukan dengan menggunakan varietas tahan virus, mengendalikan populasi serangga vektor, dan menjaga kebersihan alat pertanian.



Contoh Soal

Beberapa virus memiliki peran yang menguntungkan dalam bioteknologi. Salah satu contohnya adalah penggunaan virus sebagai vektor dalam terapi gen. Mengapa virus cocok digunakan dalam terapi gen?

- A. Virus dapat membawa dan memasukkan materi genetik ke dalam sel inang.
- B. Virus memiliki DNA sendiri yang dapat memperbaiki mutasi genetik manusia.
- C. Virus dapat menginfeksi semua jenis sel tanpa batasan spesifik.
- D. Virus tidak mengalami mutasi sehingga aman digunakan dalam terapi jangka panjang.
- E. Virus dapat bertahan hidup tanpa inang dan memperbanyak diri secara mandiri.

Jawaban Benar: A. Virus dapat membawa dan memasukkan materi genetik ke dalam sel inang.

Pembahasan:

Virus dapat digunakan sebagai vektor dalam terapi gen karena kemampuannya untuk menginjeksi materi genetik ke dalam sel inang. Contohnya, adenovirus dan lentivirus digunakan dalam terapi gen untuk memperbaiki mutasi yang menyebabkan penyakit genetik.



Biologipedia

Peranan Virus dalam Kehidupan

- ▷ Tidak semua virus merugikan! Beberapa virus digunakan dalam terapi gen, yang membantu menyembuhkan penyakit genetik dengan memasukkan DNA sehat ke dalam tubuh pasien.
- ▷ Bakteriofag adalah virus yang menyerang bakteri dan digunakan sebagai alternatif antibiotik dalam pengobatan infeksi bakteri yang kebal antibiotik.
- ▷ Beberapa virus bisa memicu kanker, seperti Human Papillomavirus (HPV) yang berhubungan dengan kanker serviks, tetapi kini tersedia vaksin untuk mencegahnya!





6. Pandemi COVID-19, Pengaruhnya, dan Tindak Lanjut yang Diperlukan

Pandemi COVID-19: Penyebab dan Penyebarannya



Pandemi Covid –
Kompas.com

Pandemi COVID-19 adalah salah satu wabah penyakit terbesar dalam sejarah modern, yang disebabkan oleh *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2* (SARS-CoV-2). Virus ini pertama kali terdeteksi di Wuhan, China, pada akhir tahun 2019 dan dengan cepat menyebar ke seluruh dunia, menyebabkan krisis kesehatan global. COVID-19 menular melalui droplet pernapasan, kontak langsung, serta permukaan yang terkontaminasi, menjadikannya sangat menular, terutama di tempat-tempat dengan kepadatan penduduk tinggi.

SARS-CoV-2 termasuk dalam keluarga Coronavirus, yang juga mencakup virus penyebab SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*) dan MERS (*Middle East Respiratory Syndrome*). Virus ini menyerang sistem pernapasan manusia, dengan gejala yang bervariasi dari ringan hingga berat, seperti demam, batuk kering, sesak napas, kehilangan penciuman, hingga gagal napas pada kasus yang parah. Beberapa pasien juga mengalami komplikasi serius seperti pneumonia, sindrom pernapasan akut, dan gangguan pada organ lain.

Pengaruh Pandemi COVID-19

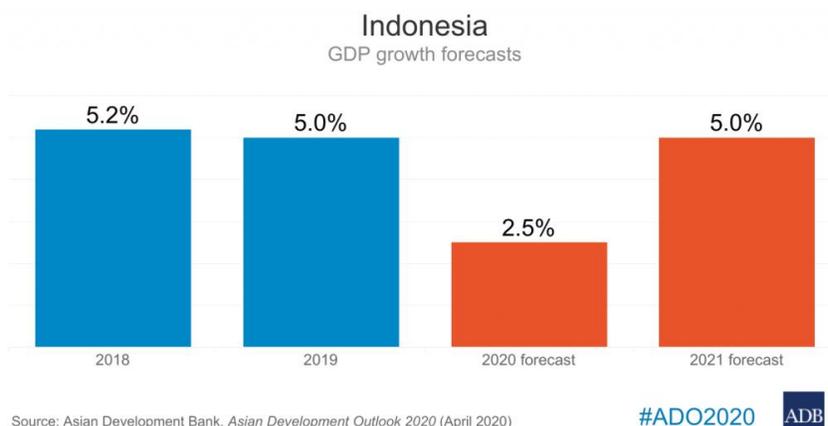
COVID-19 memberikan dampak yang sangat besar dalam berbagai aspek kehidupan, tidak hanya dalam bidang kesehatan, tetapi juga dalam **ekonomi, pendidikan, sosial, dan lingkungan**. Berikut adalah beberapa dampak utama pandemi COVID-19:

a. Pengaruh Kesehatan

Pandemi ini menyebabkan jutaan kematian di seluruh dunia, dengan tingkat kematian lebih tinggi pada lansia dan individu dengan penyakit penyerta (komorbiditas), seperti diabetes, hipertensi, dan penyakit

paru-paru. Selain itu, rumah sakit di berbagai negara mengalami kelebihan kapasitas, menyebabkan kesulitan dalam menangani pasien.

Selain infeksi langsung, pandemi juga berdampak pada peningkatan gangguan kesehatan mental, seperti stres, kecemasan, dan depresi, akibat isolasi sosial dan ketidakpastian ekonomi.



Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Melambat pada Tahun 2020 Akibat COVID-19-[adb.org](https://www.adb.org)

b. Pengaruh Ekonomi

COVID-19 menyebabkan resesi global, dengan penutupan bisnis, meningkatnya angka pengangguran, serta penurunan daya beli masyarakat. Industri pariwisata, penerbangan, dan perhotelan menjadi sektor yang paling terdampak akibat pembatasan perjalanan internasional. Banyak negara mengalami perlambatan ekonomi yang signifikan akibat terganggunya rantai pasokan global.

c. Pengaruh Pendidikan

Pembelajaran tatap muka dihentikan di banyak negara dan digantikan dengan pembelajaran dalam jaringan atau daring. Namun, tidak semua siswa memiliki akses ke internet dan perangkat elektronik, sehingga terjadi kesenjangan dalam akses pendidikan.

d. Pengaruh Sosial

Pandemi mengubah pola interaksi sosial dengan diberlakukannya physical distancing, pembatasan perjalanan, serta larangan berkumpul dalam jumlah besar. Banyak masyarakat mengalami perubahan pola kerja dengan sistem kerja dari rumah (work from home/WFH), yang membawa tantangan baru dalam dunia kerja.

e. Pengaruh Lingkungan

Meski memberikan dampak negatif di banyak sektor, pandemi juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan. Berkurangnya aktivitas manusia mengakibatkan penurunan emisi karbon, meningkatnya kualitas udara, serta pemulihan ekosistem di beberapa daerah. Namun, di sisi lain, meningkatnya limbah medis, seperti masker dan sarung tangan sekali pakai, menimbulkan tantangan baru dalam pengelolaan sampah.

Tindak Lanjut untuk Mengatasi Pandemi COVID-19

Untuk mengatasi pandemi COVID-19, berbagai solusi telah diterapkan secara global, mulai dari pencegahan, pengobatan, hingga strategi kebijakan kesehatan masyarakat. Berikut adalah beberapa langkah utama dalam menangani pandemi ini:

a. Vaksinasi Massal

Vaksinasi merupakan strategi utama dalam mengendalikan penyebaran COVID-19. Berbagai vaksin telah dikembangkan, seperti:

- ▷ Pfizer-BioNTech dan Moderna (mRNA vaccine)
- ▷ AstraZeneca dan Johnson & Johnson (adenovirus vector vaccine)
- ▷ Sinovac dan Sinopharm (inactivated virus vaccine)

Vaksin ini membantu meningkatkan kekebalan populasi (herd immunity) dan mengurangi tingkat keparahan gejala pada individu yang terinfeksi.

b. Protokol Kesehatan

Untuk mencegah penularan, diterapkan berbagai protokol kesehatan, seperti:

- ▷ Memakai masker di tempat umum.
- ▷ Mencuci tangan dengan sabun atau hand sanitizer.
- ▷ Menjaga jarak (*physical distancing*).
- ▷ Menghindari kerumunan dan ruangan dengan ventilasi buruk.

c. Pengobatan dan Terapi

Meskipun belum ditemukan obat spesifik yang benar-benar menyembuhkan COVID-19, beberapa pengobatan yang digunakan meliputi:

- ▷ Antivirus seperti Remdesivir untuk menghambat replikasi virus.
- ▷ Dexamethasone (kortikosteroid) untuk mengurangi peradangan pada pasien dengan gejala berat.
- ▷ Terapi oksigen dan penggunaan ventilator untuk pasien dengan kesulitan bernapas.



Karantina Wilayah-bbc.co.uk

d. Kebijakan Karantina dan Lockdown

Banyak negara menerapkan karantina wilayah (*lockdown*), pembatasan sosial berskala besar (PSBB), dan sistem PPKM (Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat) untuk mengurangi penyebaran virus.

e. Percepatan Teknologi dan Inovasi

Pandemi mendorong inovasi dalam teknologi medis dan komunikasi, termasuk:

- ▷ Telemedicine, yang memungkinkan pasien berkonsultasi dengan dokter secara daring.
- ▷ Aplikasi pelacakan kontak (contact tracing apps) untuk memantau penyebaran virus.
- ▷ Pengembangan vaksin dan terapi berbasis teknologi mRNA, yang menjadi terobosan dalam dunia kesehatan.

Contoh Soal

Pandemi COVID-19 yang disebabkan oleh SARS-CoV-2 telah memberikan dampak luas di berbagai sektor. Salah satu strategi utama dalam mengendalikan pandemi ini adalah vaksinasi. Mengapa vaksin berbasis mRNA, seperti Pfizer dan Moderna, dianggap inovatif dalam pengembangan vaksin?

- A. Vaksin ini menggunakan virus yang dilemahkan untuk membentuk antibodi.
- B. Vaksin ini mengandung protein virus yang dapat langsung dikenali oleh sistem imun.
- C. Vaksin ini membawa instruksi genetik untuk membuat protein spike virus dalam sel tubuh.
- D. Vaksin ini hanya bekerja pada individu dengan sistem imun yang sudah kuat.
- E. Vaksin ini dapat langsung menghancurkan virus dalam tubuh tanpa bantuan sel imun.

Jawaban Benar: C. Vaksin ini membawa instruksi genetik untuk membuat protein spike virus dalam sel tubuh.

Pembahasan:

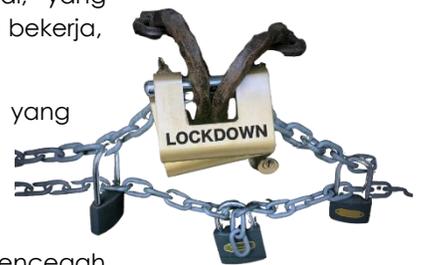
Vaksin mRNA bekerja dengan cara memberikan instruksi genetik kepada sel tubuh untuk menghasilkan protein spike SARS-CoV-2, yang kemudian dikenali oleh sistem imun sebagai ancaman dan memicu pembentukan antibodi.



Biologipedia

Pandemi COVID-19, Dampak, dan Solusinya

- ▷ Pandemi COVID-19 adalah pandemi global pertama di era digital, yang menyebabkan perubahan besar dalam cara manusia berkomunikasi, bekerja, dan belajar.
- ▷ Vaksin mRNA (Pfizer dan Moderna) adalah teknologi vaksin baru yang memungkinkan tubuh membuat protein spike virus sebagai pemicu respons imun tanpa perlu menggunakan virus yang dilemahkan.
- ▷ COVID-19 mengajarkan dunia pentingnya protokol kesehatan, seperti memakai masker, mencuci tangan, dan menjaga jarak sosial, untuk mencegah penyebaran penyakit menular lainnya.





7. Pencegahan Dan Pengobatan Infeksi Virus

Infeksi virus dapat menimbulkan berbagai penyakit dengan tingkat keparahan yang bervariasi, mulai dari ringan hingga fatal. Berbeda dengan bakteri, virus tidak dapat hidup dan berkembang biak di luar sel inang, sehingga pengobatan infeksi virus lebih kompleks. Oleh karena itu, pencegahan menjadi langkah utama dalam mengendalikan penyebaran virus, sementara pengobatan berfokus pada menghambat replikasi virus dan memperkuat sistem kekebalan tubuh.

Pencegahan infeksi virus dapat dilakukan melalui vaksinasi, sedangkan pengobatan menggunakan terapi interferon dan kemoterapi antivirus. Berikut adalah metode yang digunakan dalam pencegahan dan pengobatan infeksi virus.

Vaksin

Vaksin adalah zat yang mengandung virus yang telah dilemahkan atau dimatikan yang bertujuan untuk merangsang sistem kekebalan tubuh agar membentuk antibodi spesifik terhadap virus tersebut. Vaksinasi merupakan metode paling efektif dalam mencegah berbagai penyakit virus seperti polio, campak, hepatitis, dan COVID-19.

Berdasarkan jenisnya, vaksin dibedakan menjadi vaksin virus mati dan vaksin virus hidup yang dilemahkan.

a. Vaksin Virus Mati (*Inactivated Virus Vaccine*)

Vaksin virus mati dibuat dari virus yang telah dimatikan menggunakan panas, radiasi, atau bahan kimia seperti formalin, sehingga virus tidak dapat bereplikasi di dalam tubuh. Meskipun virus dalam vaksin ini tidak bisa menyebabkan infeksi, sistem imun tetap dapat mengenali dan membentuk respons kekebalan terhadap virus tersebut.

▷ Keunggulan vaksin virus mati:

- Aman untuk semua kelompok usia, termasuk orang dengan sistem imun lemah.
- Tidak dapat kembali menjadi virus aktif (reversi virulensi).
- Dapat diberikan kepada ibu hamil dan orang dengan gangguan imun.

▷ Kelemahan vaksin virus mati:

- Umumnya memerlukan dosis booster untuk mempertahankan kekebalan jangka panjang.
- Respons imun yang dihasilkan tidak sekuat vaksin hidup yang dilemahkan.

▷ Contoh vaksin virus mati:

- Vaksin Polio Inaktif (IPV)
- Vaksin Hepatitis A
- Vaksin Rabies
- Vaksin Influenza Inaktif

b. Vaksin Virus Hidup yang Dilemahkan (*Live Attenuated Virus Vaccine*)

Vaksin ini mengandung virus yang masih hidup tetapi telah dilemahkan sehingga tidak menyebabkan penyakit serius pada individu dengan sistem imun normal. Vaksin jenis ini mampu meniru infeksi alami sehingga merangsang respons imun yang lebih kuat dan lebih tahan lama dibandingkan dengan vaksin virus mati.

▷ Keunggulan vaksin virus hidup yang dilemahkan:

- Memicu respons imun yang kuat dan jangka panjang.
- Umumnya hanya memerlukan satu atau dua dosis.

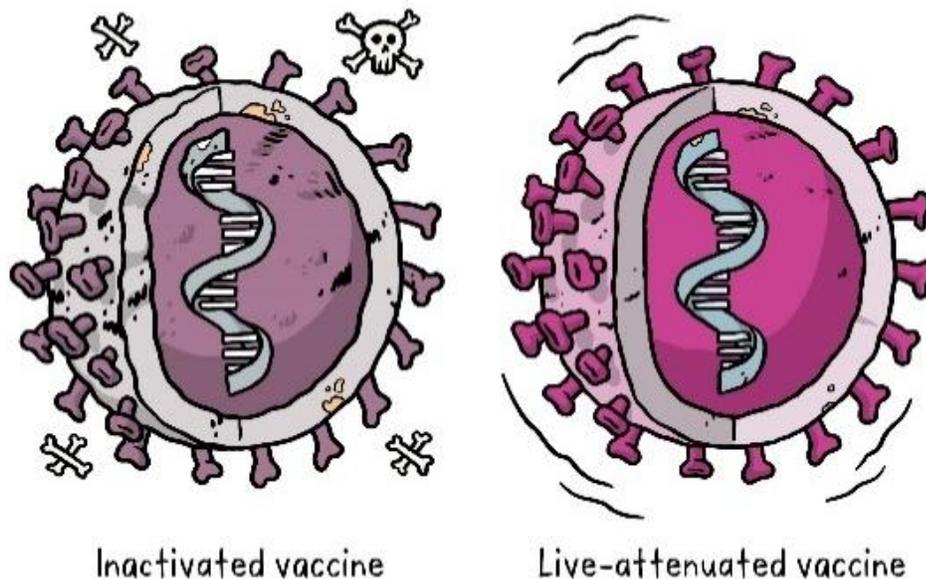
▷ Kelemahan vaksin virus hidup yang dilemahkan:

- Tidak aman bagi orang dengan sistem imun lemah seperti penderita HIV atau pasien yang menjalani kemoterapi.
- Berpotensi mengalami reversi virulensi, yaitu kemungkinan virus kembali menjadi ganas pada beberapa individu.
- Tidak cocok untuk diberikan kepada ibu hamil.

▷ Contoh vaksin virus hidup yang dilemahkan:

- Vaksin Campak, Gondongan, dan Rubella (MMR)
- Vaksin Varisela (Cacar Air)
- Vaksin Rotavirus
- Vaksin Demam Kuning

Vaksin hidup yang dilemahkan sangat efektif dalam mencegah infeksi virus dan sering digunakan dalam program vaksinasi global untuk mengurangi penyebaran penyakit menular.



Jenis-Jenis Vaksin-who.int

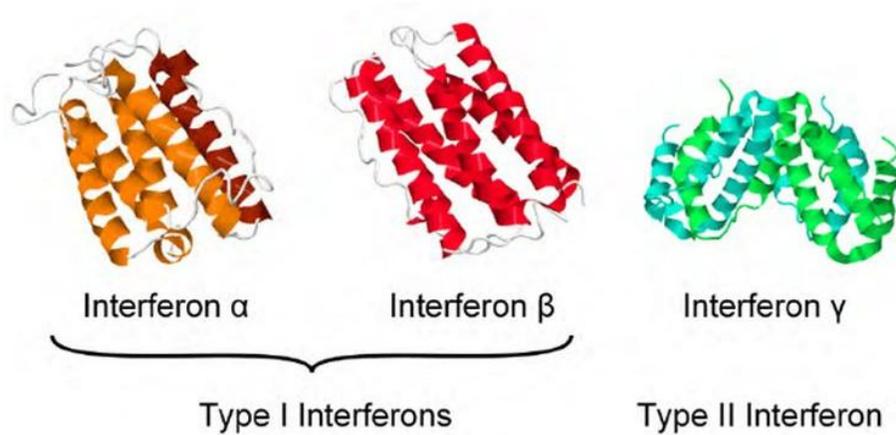
Interferon

Interferon adalah protein alami yang diproduksi oleh sel tubuh sebagai respons terhadap infeksi virus. Protein ini berfungsi untuk menghambat replikasi virus di dalam sel yang terinfeksi dan meningkatkan daya tahan tubuh terhadap serangan virus.

Interferon dapat digunakan sebagai terapi antivirus dalam beberapa kondisi medis tertentu, terutama untuk penyakit yang tidak memiliki vaksin yang efektif atau sulit diobati dengan obat antivirus konvensional.

a. Mekanisme Kerja Interferon:

- ▷ Menghambat replikasi virus dalam sel yang telah terinfeksi.
- ▷ Meningkatkan respons sistem imun tubuh dengan merangsang aktivitas sel-sel imun seperti makrofag dan sel T.
- ▷ Menghambat penyebaran virus ke sel sehat lainnya.



Interferon-kompas.com

b. Penggunaan Interferon dalam Pengobatan:

- ▷ **Interferon-alpha (IFN- α):**
 - Digunakan untuk mengobati Hepatitis B dan Hepatitis C kronis.
 - Membantu mengurangi jumlah virus dalam tubuh dan meningkatkan fungsi hati.
- ▷ **Interferon-beta (IFN- β):** Digunakan dalam terapi multiple sclerosis, meskipun bukan penyakit virus, interferon ini membantu mengurangi peradangan pada sistem saraf.
- ▷ **Interferon-gamma (IFN- γ):** Digunakan dalam pengobatan penyakit imunodefisiensi tertentu dan infeksi virus yang sulit dikendalikan.

Meskipun interferon efektif dalam menghambat replikasi virus, penggunaannya sering kali memiliki efek samping seperti kelelahan, demam, mual, dan gangguan pencernaan. Oleh karena itu, terapi ini hanya digunakan dalam kondisi tertentu dan dengan pengawasan dokter.

Kemoterapi Antivirus

Kemoterapi antivirus adalah penggunaan obat-obatan antivirus untuk menghambat siklus hidup virus di dalam tubuh. Berbeda dengan antibiotik yang membunuh bakteri, obat antivirus bekerja dengan menghambat berbagai tahap replikasi virus, sehingga mengurangi keparahan infeksi dan membantu sistem imun melawan virus.

a. Mekanisme Kerja Obat Antivirus:

- ▷ Menghambat enzim yang dibutuhkan virus untuk replikasi.
- ▷ Mencegah virus memasuki atau keluar dari sel inang.

- ▷ Menurunkan tingkat keparahan penyakit dan mempercepat pemulihan.

b. Contoh Obat Antivirus dan Penggunaannya:

- ▷ **Obat untuk HIV/AIDS:** Zidovudine (AZT), Tenofovir, Efavirenz untuk Menghambat enzim reverse transcriptase sehingga virus tidak dapat menggandakan diri.
- ▷ **Obat untuk Influenza:** Oseltamivir (Tamiflu), Zanamivir (Relenza) untuk Menghambat enzim neuraminidase yang digunakan virus untuk keluar dari sel inang.
- ▷ **Obat untuk Hepatitis B dan C:** Lamivudine, Sofosbuvir, Interferon pegilasi untuk Mengurangi jumlah virus dalam tubuh dan memperlambat perkembangan penyakit hati.
- ▷ **Obat untuk Herpes:** Acyclovir, Valacyclovir untuk Menghambat replikasi DNA virus herpes, sehingga mempercepat penyembuhan luka herpes dan mengurangi risiko kambuh.



Obat Antivirus-Wikipedia.com

Meskipun obat antivirus dapat membantu mengatasi infeksi virus, tantangan utama dalam penggunaannya adalah resistensi virus, terutama pada virus RNA seperti influenza dan HIV yang sering bermutasi. Oleh karena itu, pengembangan obat antivirus baru terus dilakukan untuk menghadapi tantangan ini.

Contoh Soal

Sebuah penelitian menunjukkan bahwa penggunaan interferon dapat mengurangi replikasi virus dalam sel yang terinfeksi. Bagaimana cara kerja interferon dalam menghambat infeksi virus?

- A. Menghambat perlekatan virus pada reseptor sel inang.
- B. Menginduksi produksi enzim antivirus dalam sel yang terinfeksi.
- C. Menyerang langsung partikel virus dalam aliran darah.
- D. menghancurkan semua sel yang telah terinfeksi virus.
- E. Mengurangi jumlah antibodi dalam tubuh untuk menghindari peradangan.

Jawaban Benar: B. Menginduksi produksi enzim antivirus dalam sel yang terinfeksi.

Pembahasan:

Interferon bekerja dengan merangsang produksi enzim antivirus dalam sel inang, sehingga mencegah virus bereplikasi di dalam sel yang terinfeksi.



Pencegahan dan Pengobatan Infeksi Virus

- ▷ Vaksin adalah cara paling efektif mencegah infeksi virus, dengan prinsip meniru infeksi ringan agar tubuh membentuk kekebalan sebelum terpapar virus sebenarnya.
- ▷ Interferon adalah protein alami dalam tubuh yang membantu melawan infeksi virus dengan menghambat replikasi virus di dalam sel inang.
- ▷ Obat antivirus tidak membunuh virus secara langsung, tetapi menghambat siklus hidupnya, seperti Tamiflu untuk flu dan Acyclovir untuk herpes.



Kegiatan Praktikum

Mengeksplorasi Reproduksi Virus: Siklus Litik dan Lisogenik

Tujuan:

Membuat representasi visual dari proses replikasi virus, dengan fokus pada siklus litik dan lisogenik.

Alat dan Bahan:

- 1) Kertas karton atau kertas tebal (ukuran A4 atau lebih besar)
- 2) Spidol atau crayon warna
- 3) Gunting
- 4) Lem atau selotip
- 5) Gambar cetakan tentang struktur virus (opsional)
- 6) Akses internet untuk riset (opsional)

Langkah-langkah:

- 1) Riset dan Belajar: Carilah gambar atau diagram yang akurat tentang siklus reproduksi virus (siklus litik dan lisogenik) dari situs biologi atau buku pelajaran yang terpercaya. Pelajari langkah-langkah yang terlibat dalam kedua siklus tersebut.
- 2) Desain Diagram:
 - ▷ Gambarkan sebuah bentuk besar (misalnya lingkaran) yang menggambarkan sel inang di kertas karton.
 - ▷ Di satu sisi, gambarkan langkah-langkah dari siklus litik, yang menunjukkan bagaimana virus menginfeksi sel inang, mereplikasi diri, dan menyebabkan sel tersebut pecah (lysis).
 - ▷ Di sisi lainnya, gambarkan siklus lisogenik, di mana virus mengintegrasikan materi genetiknya ke dalam genom sel inang, mereplikasi secara diam-diam hingga ada pemicu.
- 3) Gunakan Warna: Tentukan warna yang berbeda untuk mewakili virus, sel inang, dan setiap tahap siklus (misalnya, merah untuk virus, biru untuk sel inang, dll).
- 4) Buat Model:
 - ▷ Potong bentuk kecil yang mewakili virus, sel, dan komponen lainnya seperti rantai DNA.
 - ▷ Gunakan lem atau selotip untuk menempelkan komponen-komponen ini pada diagram sesuai dengan urutan yang benar untuk kedua siklus.
- 5) Finalisasi Model:

- ▷ Setelah semuanya tertempel, gunakan spidol untuk menambahkan label atau penjelasan di samping gambar tahap-tahapnya.
 - ▷ Pastikan diagram yang dibuat jelas menunjukkan perbedaan antara siklus litik dan lisogenik.
- 6) Refleksi dan Presentasi:
- ▷ Ambil foto dari diagram yang sudah selesai dan bagikan kepada teman sekelas atau guru melalui platform online atau saat kelas.
 - ▷ Persiapkan presentasi singkat (2-3 menit) yang menjelaskan setiap tahap dari kedua siklus, serta menyoroti perbedaan utama antara siklus litik dan lisogenik.

Pertanyaan untuk Refleksi:

- 1) Bagaimana virus memanfaatkan sel inang untuk berkembang biak?
- 2) Apa perbedaan utama antara siklus litik dan lisogenik?
- 3) Siklus manakah yang lebih merusak sel inang dan mengapa?
- 4) Dapatkah kamu memberi contoh dunia nyata di mana siklus lisogenik berperan dalam kesehatan atau penyakit manusia?
- 5) Bagaimana virus seperti COVID-19 dapat masuk dalam konsep siklus litik atau lisogenik?
- 6) Diskusikan bagaimana virus dapat menyebabkan wabah setelah lama tidak aktif dalam siklus lisogenik. Faktor apa yang dapat memicu hal ini?



8. Pembiakan Virus

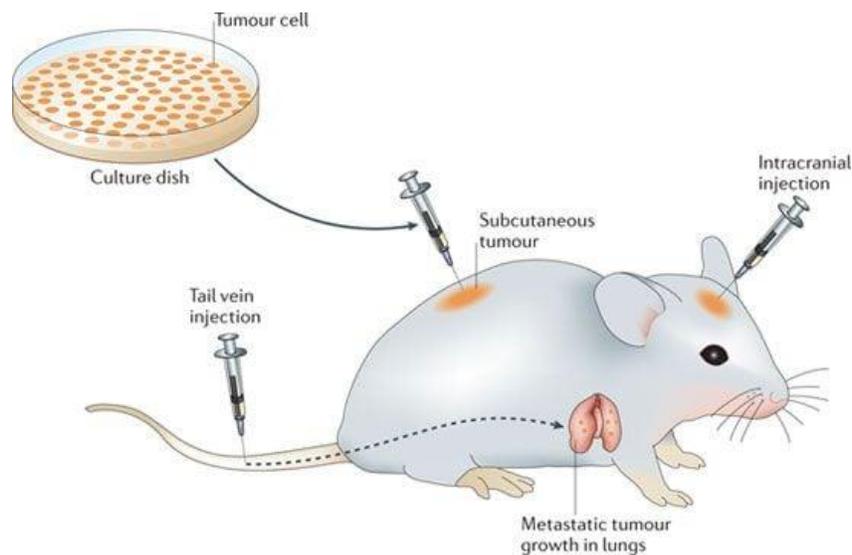
Secara umum, pembiakan virus dilakukan menggunakan sel inang yang sesuai, seperti bakteri, sel hewan, atau sel tumbuhan. Metode pembiakan virus dibedakan berdasarkan jenis virusnya dan inang yang digunakan. Berikut adalah metode utama dalam pembiakan virus.

Pembiakan pada Bakteri

Pembiakan virus pada bakteri dilakukan dengan menggunakan bakteriofag sebagai agen infeksi. Pembiakan bakteriofag memiliki berbagai manfaat dalam penelitian virologi, terutama dalam memahami mekanisme infeksi virus, pengujian efektivitas antibiotik dan terapi bakteriofag, serta produksi vaksin berbasis virus. Salah satu metode utama adalah *plaque assay*, di mana bakteriofag dicampurkan dengan bakteri inang dan ditanam di media agar. Setelah virus menginfeksi dan menghancurkan sel bakteri, terbentuk zona bening atau *plaque* yang menunjukkan tempat replikasi virus. Dengan menghitung jumlah plaque, ilmuwan dapat menentukan konsentrasi bakteriofag dalam suatu sampel.

Bakteriofag juga dapat diperbanyak dalam media cair, di mana bakteri dibiakkan dalam larutan nutrisi dan kemudian diinokulasi dengan bakteriofag. Ketika virus menginfeksi dan menghancurkan sel bakteri, larutan menjadi jernih akibat lisis yang berlangsung secara masif.

Pembiakan pada Sel Hewan



Nature Reviews | Immunology

Pembiakan.pada.sel.hewan-microbenotes.com

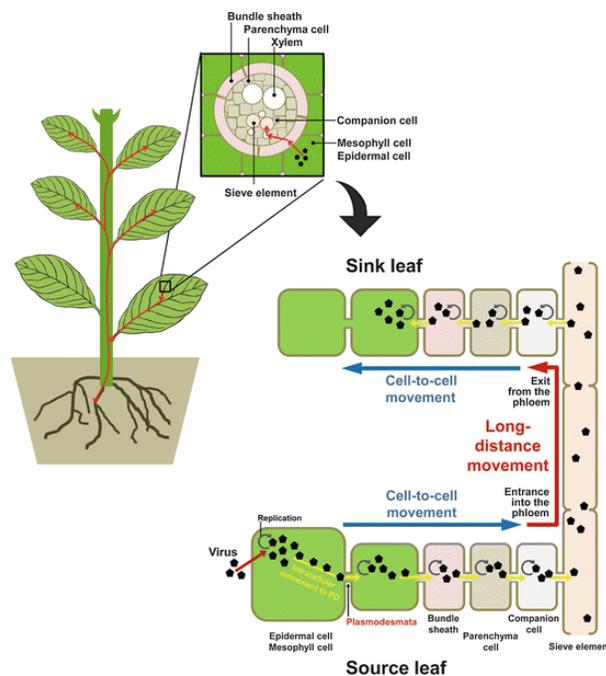
Pembiakan virus pada sel hewan berperan penting dalam penelitian virologi, produksi vaksin, dan pengembangan obat antivirus. Karena virus hanya dapat bereplikasi dalam sel hidup, pembiakan dilakukan dalam sistem seperti telur ayam berembrio atau kultur sel hewan. Salah satu metode utama adalah pembiakan dalam telur ayam berembrio, yang banyak digunakan dalam produksi vaksin seperti influenza dan rabies. Virus diinokulasikan ke dalam embrio ayam berusia 9-12 hari dan bereplikasi di jaringan tertentu, seperti kantung amnion, kantung alantois, membran korioalantois, atau kantung kuning telur, tergantung

pada jenis virusnya. Setelah beberapa hari, cairan dari kantung tersebut diambil untuk mengisolasi virus yang telah bereplikasi.

Selain itu, virus juga dapat diperbanyak dalam kultur sel, metode yang lebih umum dalam penelitian virologi modern. Kultur sel dilakukan dengan menumbuhkan sel hewan dalam media buatan yang mengandung nutrisi, lalu diinokulasi dengan virus agar dapat bereplikasi. Kultur sel terbagi menjadi tiga jenis utama:

- Kultur sel primer: menggunakan sel segar dari jaringan hewan dengan masa hidup terbatas.
- Kultur sel lini (*continuous cell line*): berasal dari sel kanker atau sel abadi yang dapat membelah tanpa batas, seperti sel HeLa dan sel Vero.
- Kultur sel diploid: terdiri dari sel yang dapat membelah hingga beberapa generasi tetapi tidak bertahan selamanya.

Pembiakan pada Sel Tumbuhan



Pembiakan Pada Sel Tumbuhan-rontiersin.org

Virus yang menginfeksi tumbuhan memiliki cara replikasi yang berbeda dengan virus pada hewan atau bakteri, sehingga metode pembiakannya juga berbeda. Pembiakan virus tumbuhan umumnya dilakukan dengan menggunakan tanaman hidup sebagai inang karena virus tumbuhan tidak dapat tumbuh di media buatan tanpa adanya sel tanaman yang masih hidup. Salah satu metode pembiakan virus tumbuhan adalah inokulasi mekanis, di mana virus dipindahkan dari tanaman yang terinfeksi ke tanaman sehat dengan cara menggores atau melukai daun atau batang, sehingga virus dapat masuk dan menginfeksi sel tanaman. Metode ini banyak digunakan dalam penelitian virus tumbuhan, terutama untuk mempelajari virus yang menyerang tanaman pangan, seperti Tobacco Mosaic Virus (TMV) yang menyerang tembakau.

Selain inokulasi mekanis, virus tumbuhan juga dapat diperbanyak melalui kultur jaringan tumbuhan, di mana jaringan tanaman dikultur dalam medium buatan yang kaya akan nutrisi. Dengan cara ini, virus yang menginfeksi jaringan tumbuhan dapat berkembang biak dan dikontrol dalam lingkungan laboratorium. Metode ini memungkinkan ilmuwan untuk mengisolasi virus tumbuhan secara lebih efektif dibandingkan dengan inokulasi langsung pada tanaman utuh.

Beberapa virus tumbuhan hanya dapat diperbanyak melalui serangga vektor, seperti kutu daun dan wereng, yang berperan dalam menularkan virus dari satu tanaman ke tanaman lain. Serangga ini membawa virus di dalam tubuhnya dan menyebarkannya ketika mereka menghisap cairan dari tanaman sehat. Metode ini sering digunakan dalam studi epidemiologi virus tumbuhan, terutama dalam penelitian tentang penyebaran penyakit tanaman akibat infeksi virus.

Pembiakan virus pada sel tumbuhan memiliki berbagai manfaat dalam pertanian, perlindungan tanaman, dan penelitian virologi, terutama dalam memahami mekanisme infeksi virus tumbuhan serta dalam mengembangkan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap serangan virus.

Contoh Soal

Seorang ilmuwan ingin membiakkan virus polio dalam skala laboratorium. Virus ini diketahui menginfeksi sel manusia dan tidak dapat berkembang di luar sel hidup. Metode mana yang paling efektif untuk memperbanyak virus ini dalam penelitian?

- A. Menanam virus polio di media agar dengan nutrisi yang kaya
- B. Menggunakan kultur sel lini Vero dalam medium cair yang sesuai
- C. Menyuntikkan virus ke dalam bakteri E. coli untuk replikasi
- D. Menggunakan kultur jaringan tumbuhan untuk membiakkan virus polio
- E. Menyebarkan virus polio dalam lingkungan terbuka untuk mengamati penyebarannya

Jawaban Benar: B. Menggunakan kultur sel lini Vero dalam medium cair yang sesuai

Pembahasan:

Virus polio adalah virus yang menginfeksi sel manusia dan tidak bisa berkembang di luar sel hidup. Oleh karena itu, metode yang paling efektif untuk memperbanyak virus ini dalam skala laboratorium adalah dengan menggunakan kultur sel hewan, seperti sel Vero, yang berasal dari sel ginjal monyet dan sering digunakan dalam penelitian virologi. Kultur sel memungkinkan virus untuk bereplikasi dalam kondisi yang terkendali.

Biologipedia

Pembiakan Virus

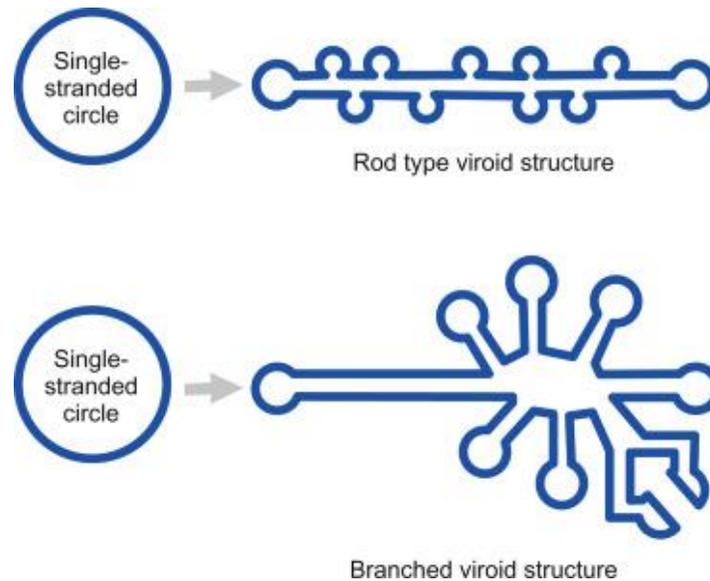
- ▷ Virus tidak bisa diperbanyak di media buatan seperti bakteri, tetapi harus dikultur dalam bakteri, telur ayam berembrio, atau sel hidup dalam laboratorium.
- ▷ Bakteriofag diperbanyak dalam bakteri, sementara virus hewan diperbanyak dalam kultur sel seperti sel Vero atau HeLa.
- ▷ Vaksin influenza dibuat dengan membiakkan virus dalam telur ayam berembrio, itulah sebabnya orang dengan alergi telur perlu berhati-hati saat menerima vaksin ini.





9. Viroid Dan Prion

Virus bukan satu-satunya agen biologis yang dapat menyebabkan penyakit. Selain virus, terdapat **viroid** dan **prion**, yang meskipun lebih sederhana dibandingkan virus, tetap mampu menyebabkan infeksi pada organisme hidup. Viroid merupakan agen penyakit yang menyerang tanaman, sedangkan prion menyebabkan penyakit yang menyerang sistem saraf pada manusia dan hewan.



Struktur Viroid-Sciencedirect.com

Viroid

Viroid adalah agen infeksius yang lebih sederhana daripada virus, karena hanya terdiri dari molekul RNA tanpa kapsid protein. RNA viroid berbentuk rantai tunggal yang melingkar dan tidak mengkodekan protein apa pun. Meskipun viroid sangat kecil dan tidak memiliki struktur kompleks seperti virus, mereka dapat mengganggu ekspresi gen dalam sel inang dan menyebabkan penyakit serius, terutama pada tumbuhan.

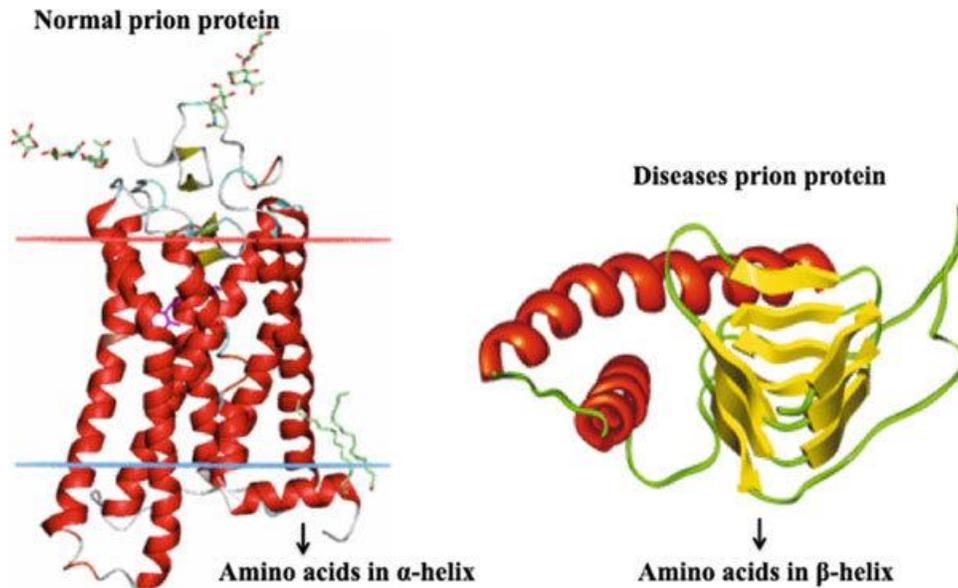
a. Mekanisme Infeksi Viroid

Viroid menginfeksi tanaman dengan cara masuk ke dalam **nukleus atau kloroplas sel inang**, lalu menggunakan enzim RNA polimerase sel inang untuk memperbanyak diri. RNA viroid dapat mengganggu sintesis protein normal dalam sel tanaman, sehingga menyebabkan gangguan pertumbuhan dan perubahan fisiologi pada tanaman yang terinfeksi.

b. Contoh Penyakit yang Disebabkan Viroid

- ▷ Penyakit Kerdil Kentang (*Potato Spindle Tuber Disease*): menyebabkan tanaman kentang tumbuh kerdil dengan bentuk umbi yang abnormal.
- ▷ Penyakit Mosaik Kelapa: menyebabkan bercak kuning dan kematian pada tanaman kelapa.
- ▷ Penyakit Kerdil Padi (*Rice Yellow Mottle Virus - RYMV*): menyebabkan daun tanaman padi menguning dan menghambat pertumbuhan.

Viroid sangat sulit dikendalikan karena tidak memiliki kapsid atau protein target yang bisa dihancurkan dengan cara biasa seperti penyemprotan pestisida. Pengendalian viroid lebih difokuskan pada penggunaan bibit yang bebas viroid, serta penerapan teknik kultur jaringan untuk mendapatkan tanaman yang sehat.



Prion-researchgate.net

Prion

Prion adalah protein abnormal yang dapat menyebabkan penyakit neurodegeneratif (gangguan sistem saraf) pada manusia dan hewan. Berbeda dengan virus dan viroid, prion tidak mengandung asam nukleat (DNA atau RNA), melainkan hanya terdiri dari protein yang mengalami perubahan struktur. Prion memiliki kemampuan untuk mengubah protein normal dalam otak menjadi bentuk abnormal, yang kemudian menumpuk dan menyebabkan kerusakan jaringan saraf.

a. Mekanisme Infeksi Prion

Prion menyebar melalui konsumsi jaringan hewan yang terinfeksi, terutama bagian otak dan sumsum tulang belakang. Ketika prion masuk ke dalam tubuh, mereka akan mengubah protein normal menjadi prion abnormal yang dapat terus berkembang biak tanpa bantuan materi genetik. Penumpukan prion di otak menyebabkan kerusakan jaringan saraf, pembentukan lubang-lubang kecil pada otak, dan hilangnya fungsi otak secara progresif.

b. Contoh Penyakit yang Disebabkan Prion

- ▷ Kuru: ditemukan pada suku Fore di Papua Nugini, yang tertular akibat praktik kanibalisme dalam ritual adat mereka.
- ▷ Penyakit *Creutzfeldt-Jakob (CJD)*: menyebabkan demensia, kehilangan kendali motorik, dan kematian dalam beberapa bulan setelah gejala muncul.
- ▷ *Scrapie* – menyerang domba dan kambing, menyebabkan gatal-gatal ekstrem dan gangguan sistem saraf.
- ▷ *Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE)* atau Penyakit Sapi Gila: menyerang sapi dan dapat menular ke manusia melalui konsumsi daging sapi yang terinfeksi.
- ▷ *Variant Creutzfeldt-Jakob Disease (vCJD)*: versi manusia dari penyakit sapi gila, yang terjadi akibat konsumsi daging sapi yang terkontaminasi prion.

c. Pencegahan Penyakit Akibat Prion

Karena prion tidak mengandung DNA atau RNA, mereka tidak dapat dihancurkan dengan metode sterilisasi biasa, seperti pemanasan atau radiasi. Oleh karena itu, langkah-langkah pencegahan lebih difokuskan pada:

- ▷ Menghindari konsumsi daging dan produk hewan yang berisiko mengandung prion, terutama otak dan sumsum tulang belakang.
- ▷ Melakukan pengawasan ketat terhadap peternakan sapi untuk mencegah penyebaran penyakit sapi gila.
- ▷ Menghindari penggunaan alat bedah yang pernah digunakan pada pasien dengan infeksi prion, karena prion sangat tahan terhadap sterilisasi konvensional.

Contoh Soal

Seorang petani menemukan bahwa tanaman kentangnya tumbuh kerdil dan menghasilkan umbi yang cacat. Setelah dilakukan penelitian, diketahui bahwa penyebab penyakit ini bukan bakteri, bukan virus, dan tidak memiliki kapsid atau protein. Berdasarkan informasi ini, kemungkinan besar tanaman tersebut terinfeksi oleh...

- A. Retrovirus
- B. Viroid
- C. Prion
- D. Bakteriofag
- E. Plasmid bakteri

Jawaban Benar: B. Viroid

Pembahasan:

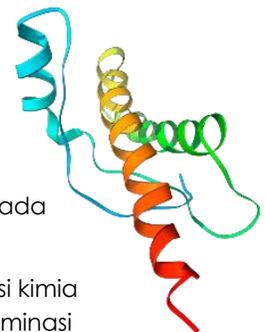
Viroid adalah agen infeksi yang hanya terdiri dari RNA tanpa kapsid protein dan dapat menyebabkan penyakit pada tumbuhan. Penyakit kerdil pada kentang kemungkinan besar disebabkan oleh Potato Spindle Tuber Viroid (PSTVd), yang menghambat pertumbuhan normal tanaman dan menyebabkan deformasi pada umbi kentang.



Biologipedia

Viroid dan Prion

- ▷ Viroid lebih kecil dari virus dan hanya terdiri dari RNA tanpa kapsid, tetapi tetap bisa menyebabkan penyakit serius pada tumbuhan, seperti Penyakit Kerdil Kentang.
- ▷ Prion adalah protein abnormal yang dapat menular, menyebabkan penyakit mematikan seperti Penyakit Sapi Gila (BSE) dan *Creutzfeldt-Jakob Disease* (CJD) pada manusia.
- ▷ Prion tidak bisa dihancurkan dengan cara biasa, bahkan pemanasan dan sterilisasi kimia tidak efektif, sehingga pengawasan terhadap makanan yang berpotensi terkontaminasi sangat penting.



Rangkuman

Virus adalah agen infeksi yang unik karena hanya dapat berkembang biak di dalam sel hidup, menjadikannya sebagai parasit intraseluler obligat. Virus memiliki struktur sederhana yang terdiri dari asam nukleat (DNA atau RNA) yang terbungkus dalam kapsid protein, dan dalam beberapa kasus dilengkapi dengan selubung lipid. Sejarah penemuan virus dimulai dengan penelitian Adolf Mayer pada tahun 1883 hingga akhirnya dipelajari lebih mendalam oleh Dmitri Ivanovsky, Martinus Beijerinck, dan Wendell Stanley yang mengidentifikasi karakteristik virus sebagai entitas non-seluler yang dapat menginfeksi sel hidup.

Dalam kehidupan, virus memiliki ciri-ciri yang membedakannya dari makhluk hidup lain, seperti tidak memiliki metabolisme sendiri, hanya dapat berkembang biak dalam sel inang, dan memiliki ukuran yang sangat kecil, sehingga hanya dapat diamati menggunakan mikroskop elektron. Virus bereproduksi melalui siklus litik yang menyebabkan sel inang pecah, serta siklus lisogenik, di mana virus tetap tersembunyi dalam DNA sel inang sebelum akhirnya menjadi aktif kembali.

Virus dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis asam nukleat (DNA atau RNA), bentuk kapsid, ada atau tidaknya selubung lipid, serta inang yang mereka infeksi. Dalam kehidupan, virus memiliki peranan yang menguntungkan, seperti dalam pengembangan vaksin, terapi gen, dan pengendalian hama biologis, tetapi juga memiliki peranan yang merugikan, karena dapat menyebabkan berbagai penyakit pada manusia, hewan, dan tumbuhan. Penyakit seperti HIV/AIDS, influenza, hepatitis, demam berdarah, rabies, dan SARS adalah contoh dari dampak negatif infeksi virus.

Pandemi COVID-19 yang disebabkan oleh SARS-CoV-2 menjadi salah satu contoh nyata dari bagaimana virus dapat memberikan dampak besar terhadap kesehatan global, ekonomi, serta kehidupan sosial masyarakat. Pencegahan infeksi virus yang paling efektif adalah melalui vaksinasi, yang terdiri dari vaksin virus mati dan vaksin virus hidup yang dilemahkan. Sementara itu, pengobatan infeksi virus dilakukan dengan interferon dan kemoterapi antivirus, yang bertujuan untuk menghambat replikasi virus dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh.

Dalam dunia penelitian, pembiakan virus dilakukan dengan menggunakan bakteri, sel hewan, dan sel tumbuhan. pembiakan virus ini menjadi dasar dalam pengembangan vaksin, terapi medis, serta penelitian virologi untuk memahami mekanisme infeksi virus dan menemukan solusi dalam pengendalian penyakit virus. Selain virus, terdapat viroid yang menyerang tumbuhan dan prion yang menyebabkan penyakit neurodegeneratif pada manusia dan hewan. Viroid merupakan RNA kecil yang dapat mengganggu fungsi sel tumbuhan, sedangkan prion adalah protein abnormal yang dapat menyebabkan penyakit sapi gila, Creutzfeldt-Jakob, dan scrapie.

Kesimpulannya, virus merupakan entitas biologis yang sangat berperan dalam kehidupan, baik dalam aspek kesehatan, bioteknologi, maupun lingkungan. Pemahaman yang mendalam tentang virus, viroid, dan prion sangat penting dalam pengembangan vaksin, pengobatan penyakit, serta pengendalian wabah yang berpotensi membahayakan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Dengan penelitian yang terus berkembang, diharapkan ilmu virologi dapat memberikan kontribusi besar dalam mencegah dan mengatasi berbagai penyakit infeksi di masa depan.

Latihan Soal

1. Virus dapat menyebabkan berbagai penyakit pada hewan ternak yang berdampak pada kesehatan dan produktivitasnya. Salah satu penyakit yang menyerang sapi, domba, dan babi ditandai dengan munculnya lesi pada mulut serta kuku, sehingga hewan mengalami kesulitan makan dan berjalan. Penyakit ini disebabkan oleh virus ...
 - A. Rhabdovirus
 - B. Paramyxovirus
 - C. Foot and Mouth Disease Virus
 - D. Reovirus
 - E. Coronavirus

2. Seorang mahasiswa ingin meneliti replikasi virus yang menyerang sel tumbuhan. Ia menggunakan dua jenis medium, yaitu jaringan daun segar dan ekstrak daun yang telah dihancurkan. Setelah beberapa waktu, ia menemukan bahwa virus hanya dapat bereplikasi pada jaringan daun segar, sedangkan pada ekstrak daun tidak terjadi replikasi. Hal ini disebabkan oleh
 - A. Virus hanya dapat bereplikasi di dalam sel hidup
 - B. Ekstrak daun tidak memiliki nutrisi yang cukup untuk virus
 - C. Virus hanya menyerang jaringan tertentu pada tumbuhan
 - D. Ekstrak daun mengandung enzim yang dapat menghancurkan virus
 - E. Virus tidak dapat bertahan di luar jaringan inangnya

3. **Berikut ini adalah beberapa manfaat virus dalam bidang bioteknologi dan kesehatan:**
 1. Pembuatan vaksin
 2. Pengobatan kanker menggunakan virus onkolitik
 3. Produksi enzim metabolik
 4. Terapi gen untuk penyakit genetik
 5. Peningkatan kesuburan tanah

Manakah yang termasuk peran virus yang menguntungkan?

- A. 1, 2, dan 3
- B. 2, 3, dan 5
- C. 1, 2, dan 4
- D. 3, 4, dan 5
- E. 1, 4, dan 5

4. Suatu virus diklasifikasikan sebagai deoksiribovirus apabila ...

- A. Mengandung asam nukleat berupa DNA.
- B. Mengandung asam nukleat berupa RNA.
- C. Memiliki enzim transkriptase balik.
- D. Memiliki dua jenis asam nukleat, yaitu DNA dan RNA.
- E. Tidak memiliki materi genetik yang dapat diwariskan.

5. **Perhatikan beberapa pernyataan mengenai virus berikut ini!**

- 1. Virus tidak memiliki organel seluler seperti mitokondria.
- 2. Virus hanya dapat bereplikasi di dalam sel inang.
- 3. Virus dapat melakukan metabolisme sendiri tanpa inang.
- 4. Materi genetik virus bisa berupa DNA atau RNA.

Pernyataan yang benar mengenai virus adalah ...

- A. 1 dan 2
 - B. 2 dan 3
 - C. 1 dan 4
 - D. 2 dan 4
 - E. 3 dan 4
6. Dalam rekayasa genetika, proses pembentukan DNA komplementer (cDNA) dari RNA melibatkan penggunaan
- A. DNA ligase
 - B. RNA polimerase
 - C. Enzim transkriptase balik
 - D. Ribosom
 - E. Helikase
7. Pada siklus litik virus, tahapan yang menyebabkan sel inang mengalami kehancuran dan melepaskan virus-virus baru adalah ...
- A. Adsorpsi
 - B. Penetrasi
 - C. Lisis
 - D. Perakitan
 - E. Sintesis

**Akses latihan soal
lainnya di sini yuk!**



Referensi

- Brooks, G. F., Carroll, K. C., Butel, J. S., & Morse, S. A. (2013). *Jawetz, Melnick & Adelberg's Medical Microbiology, 26th Edition*. McGraw-Hill Education.
- Flint, S. J., Enquist, L. W., Racaniello, V. R., & Skalka, A. M. (2015). *Principles of Virology, 4th Edition*. ASM Press.
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., & Sattley, W. M. (2019). *Brock Biology of Microorganisms, 16th Edition*. Pearson.
- Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (2019). *Microbiology: An Introduction, 13th Edition*. Pearson.
- Willey, J. M., Sherwood, L. M., & Woolverton, C. J. (2017). *Prescott's Microbiology, 10th Edition*. McGraw-Hill Education.
- Stanley, W. M. (1935). Isolation of a crystalline protein possessing the properties of tobacco mosaic virus. *Science*, **81**(2113), 644-645.
- Ivanovsky, D. (1892). *On Two Diseases of Tobacco*. St. Petersburg Academy of Sciences.
- Beijerinck, M. W. (1898). Concerning a Contagium Vivum Fluidum as Cause of the Spot Disease of Tobacco Leaves. *Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam*.
- World Health Organization (WHO). (2020). *Coronavirus disease (COVID-19) pandemic*. Retrieved from www.who.int
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2021). *Understanding Virology and Virus Transmission*. Retrieved from www.cdc.gov
- National Institutes of Health (NIH). (2022). *Prion Diseases and Their Mechanisms*. Retrieved from www.nih.gov
- Fauci, A. S., Morens, D. M. (2020). The Persistent Challenge of Emerging Infectious Diseases. *The New England Journal of Medicine*, **382**(13), 1221-1232.

BAB 3:

INOVASI BIOTEKNOLOGI

Karakter Pelajar Pancasila

Bernalar Kritis, Mandiri, Kreatif, dan Berkebinekaan Global

Kata Kunci: Bioteknologi, Fermentasi, Mikroorganisme, Kultur jaringan, Kloning, Rekayasa genetika, Transgenik, Bioenergi, Biopestisida, Bioplastik

Tujuan Pembelajaran: Menjelaskan Peran Mikroorganisme dalam Berbagai Bidang

1. Memahami dan Menganalisis Konsep Bioteknologi

- ▷ Menjelaskan pengertian inovasi dalam teknologi biologi.
- ▷ Membedakan bioteknologi konvensional dan modern berdasarkan prinsip serta penerapannya.
- ▷ Menjelaskan perbedaan antara bioteknologi berbasis kondisi steril dan nonsteril.

2. Menerapkan Bioteknologi dalam Produksi Pangan

- ▷ Mengembangkan keterampilan dalam membuat produk makanan atau minuman yang berbasis bioteknologi.
- ▷ Mengidentifikasi proses fermentasi dan mikroorganisme yang berperan dalam produksi pangan.

3. Menjelaskan Peran Mikroorganisme dalam Berbagai Bidang

- ▷ Mengidentifikasi jenis mikroorganisme yang digunakan dalam produksi protein, enzim, vitamin, dan zat organik lainnya.
- ▷ Menjelaskan peran mikroorganisme dalam bidang kesehatan, seperti produksi obat dan antibiotik.
- ▷ Menganalisis pemanfaatan mikroorganisme dalam menghasilkan energi alternatif, seperti biofuel.
- ▷ Menjelaskan peran mikroorganisme dalam pengendalian hama melalui biopestisida.
- ▷ Menguraikan kontribusi mikroorganisme dalam peternakan, pengolahan limbah (bioremediasi), produksi bioplastik, dan eksplorasi pertambangan.

4. Memahami Prinsip Kultur Jaringan pada Tumbuhan

- ▷ Menjelaskan dasar-dasar kultur jaringan serta teknik yang digunakan.
- ▷ Mengidentifikasi manfaat kultur jaringan dalam dunia pertanian dan perkebunan.

5. Menganalisis Teknologi Reproduksi dan Rekayasa Genetika

- ▷ Menguraikan tahapan dalam kloning embrio dan kloning transfer inti pada hewan.
- ▷ Menjelaskan prinsip teknologi hybridoma dalam produksi antibodi monoklonal.
- ▷ Mengidentifikasi konsep dasar rekombinasi DNA dan peran teknologi plasmid dalam rekayasa genetika.
- ▷ Menjelaskan prinsip dasar serta aplikasi organisme transgenik dalam bidang pertanian dan kesehatan dengan menggunakan diagram.

6. Menganalisis Dampak Penerapan Bioteknologi

- ▷ Mengidentifikasi dampak positif dan negatif dari penerapan bioteknologi dalam kehidupan.
- ▷ Mengkaji aspek etika dan lingkungan dalam penggunaan bioteknologi modern.
- ▷ Memahami regulasi dan kebijakan terkait penerapan bioteknologi dalam masyarakat.

F I T R I



1. Definisi Bioteknologi

Bioteknologi adalah cabang ilmu yang menggabungkan biologi, kimia, dan teknologi untuk menciptakan produk atau layanan yang bermanfaat bagi manusia. Sejak ribuan tahun lalu, manusia telah menerapkan bioteknologi dalam proses fermentasi untuk membuat roti, keju, tempe, dan minuman beralkohol. Bioteknologi konvensional ini berkembang menjadi teknologi modern yang mencakup rekayasa genetika, DNA rekombinan, dan pengkloningan.



Bioteknologi Pada Bidang Pertanian-
azolifescience.com

Bioteknologi memanfaatkan makhluk hidup karena mudah diperoleh di alam, dapat dikembangbiakkan, serta memiliki sifat yang tetap dari generasi ke generasi. Sifat makhluk hidup juga dapat diubah melalui rekayasa genetika dan diturunkan kepada keturunannya. Penerapan bioteknologi mencakup berbagai bidang, seperti pertanian, kesehatan, lingkungan, dan industri pangan. Di bidang pertanian, bioteknologi digunakan untuk menciptakan tanaman tahan hama dan bernilai gizi tinggi. Dalam dunia kesehatan, bioteknologi memungkinkan produksi vaksin, terapi gen, dan insulin rekombinan. Bioteknologi juga berperan dalam bioremediasi, yaitu pemanfaatan mikroorganisme untuk mengurai bahan pencemar lingkungan.

Proses bioteknologi melibatkan penggunaan bahan baku biologis, penerapan prinsip ilmiah, serta teknologi untuk menghasilkan makhluk hidup unggul, produk, atau jasa yang bermanfaat bagi manusia. Meski memberikan banyak manfaat, bioteknologi juga menimbulkan kontroversi terkait etika, lingkungan, dan keamanan. Oleh karena itu, penerapannya harus dilakukan secara bijaksana agar manfaatnya maksimal tanpa merugikan ekosistem dan kesehatan manusia.

Contoh Soal

Bagaimana bioteknologi dapat memberikan solusi terhadap masalah ketahanan pangan di masa depan?

Jawaban Benar: Dengan menciptakan tanaman transgenik yang tahan terhadap hama dan penyakit

Penjelasan:

Bioteknologi dapat meningkatkan ketahanan pangan di masa depan dengan menciptakan tanaman transgenik yang lebih tahan terhadap hama dan penyakit, sehingga mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia dan meningkatkan hasil panen. Ini sangat penting dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan meningkatnya populasi global.



2. Perbedaan Bioteknologi Konvensional dan Modern

Bioteknologi telah berkembang pesat sepanjang sejarah, dan pemahaman kita terhadap bioteknologi kini mencakup dua pendekatan utama yaitu, bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern. Kedua pendekatan ini memiliki perbedaan signifikan dalam cara penerapannya, tetapi keduanya memiliki tujuan yang sama untuk memanfaatkan organisme hidup dan proses biologi untuk menghasilkan produk atau proses yang bermanfaat bagi manusia.

Bioteknologi Konvensional

Bioteknologi konvensional adalah teknik yang telah digunakan sejak zaman kuno, sebelum adanya rekayasa genetika. Pendekatan ini memanfaatkan mikroorganisme, tumbuhan, atau hewan dalam proses alami untuk menghasilkan produk bermanfaat, seperti makanan fermentasi (keju, tempe, roti, minuman beralkohol).



Bioteknologi Konvensional-detik.com

Contohnya, ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) mengubah gula menjadi alkohol, dan bakteri *Lactobacillus* menghasilkan asam laktat dalam pembuatan keju.

Selain fermentasi, bioteknologi konvensional mencakup pemuliaan tanaman dan hewan guna meningkatkan ketahanan terhadap hama, penyakit, serta meningkatkan hasil panen dan produksi ternak. Namun, metode ini memiliki keterbatasan karena prosesnya lebih lambat, kurang spesifik, dan bergantung pada faktor lingkungan. Tidak seperti bioteknologi modern, metode konvensional tidak dapat secara langsung mengubah sifat genetik organisme dengan presisi tinggi.

Bioteknologi Modern

Bioteknologi modern adalah perkembangan teknologi biologi yang memungkinkan modifikasi genetik organisme dengan lebih presisi, cepat, dan efisien. Rekayasa genetika berperan utama dalam bioteknologi ini, memungkinkan ilmuwan untuk memasukkan, menghapus, atau mengubah gen guna menghasilkan sifat unggul.

Contohnya, tanaman transgenik seperti jagung dan kedelai yang tahan terhadap herbisida atau serangga dapat meningkatkan hasil panen dan mengurangi penggunaan pestisida. Beberapa tanaman, seperti padi emas, dimodifikasi untuk meningkatkan kandungan gizi.

Di bidang kesehatan, bioteknologi modern memungkinkan pembuatan vaksin rekombinan (seperti vaksin hepatitis B) dan terapi gen untuk



Kultur Jaringan contoh Bioteknologi Modern-Wikipedia.com

mengobati penyakit genetik. Selain itu, organisme transgenik dapat menghasilkan enzim industri dan hormon manusia, seperti insulin dari bakteri *Escherichia coli*, yang menggantikan insulin dari sumber hewan.

Perbedaan Bioteknologi Konvensional dan Modern

Meskipun keduanya berfokus pada pemanfaatan organisme hidup, bioteknologi konvensional dan modern memiliki perbedaan mendasar dalam hal pendekatan, teknik, dan aplikasi.

Tabel Perbedaan Bioteknologi Konvensional dan Modern

Aspek	Bioteknologi Konvensional	Bioteknologi Modern
Prinsip Dasar	Berbasis pada proses alami dan seleksi buatan.	Menggunakan rekayasa genetika dan teknologi canggih.
Proses	Mengandalkan fermentasi, pemuliaan, dan seleksi alami.	Melibatkan modifikasi DNA dan teknik laboratorium.
Aplikasi	Produksi makanan, minuman, dan pemuliaan tanaman/hewani.	Pengembangan obat, vaksin, tanaman dan hewan transgenik.
Kecepatan	Lebih lambat, tergantung pada kondisi alam dan waktu.	Cepat dan presisi, dapat langsung mengubah sifat genetik organisme.
Kontrol Terhadap Hasil	Hasil lebih tergantung pada lingkungan dan faktor alami.	Dapat mengontrol sifat-sifat organisme secara langsung.

Sebagai contoh, dalam bidang pertanian, bioteknologi konvensional menggunakan pemuliaan tanaman yang membutuhkan waktu lama untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Sebaliknya, bioteknologi modern memungkinkan ilmuwan untuk memodifikasi gen tanaman secara langsung, menghasilkan tanaman yang lebih tahan terhadap penyakit, hama, dan kondisi lingkungan yang keras dalam waktu singkat. Demikian pula, dalam bidang medis, bioteknologi konvensional menghasilkan obat-obatan alami, sementara bioteknologi modern memungkinkan produksi obat melalui rekayasa genetika yang jauh lebih efisien dan lebih dapat diprediksi.

Contoh Soal

Apa perbedaan mendasar antara bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern dalam hal pengolahan tanaman?

Jawaban Benar: Bioteknologi konvensional hanya melibatkan pemuliaan tanaman, sedangkan bioteknologi modern melibatkan modifikasi genetik langsung.

Penjelasan:

Bioteknologi konvensional mengandalkan pemuliaan tanaman melalui persilangan alami untuk mendapatkan sifat-sifat unggul, sedangkan bioteknologi modern melibatkan modifikasi genetik langsung, yaitu perubahan struktur genetik tanaman menggunakan teknik seperti rekayasa genetika.



Bioteknologi Konvensional dan Modern

- ▷ Bioteknologi konvensional mengandalkan penanaman dan persilangan alami tanaman untuk menghasilkan varietas yang lebih unggul, yang sudah ada sejak zaman Mesopotamia.
- ▷ Bioteknologi modern melibatkan alat canggih seperti CRISPR, yang memungkinkan para ilmuwan untuk "mengedit" gen secara presisi dalam waktu singkat dan dengan biaya lebih rendah.
- ▷ Dengan bioteknologi modern, tanaman transgenik seperti padi emas telah memungkinkan negara berkembang mengatasi kekurangan gizi seperti kekurangan vitamin A yang mengarah pada kebutaan.



Kegiatan Praktikum 1

Judul Praktikum: Membuat Yoghurt sebagai Produk Bioteknologi Pangan

Tujuan Praktikum:

- 1) Mengamati peran mikroorganisme (bakteri asam laktat) dalam proses fermentasi.
- 2) Menerapkan konsep bioteknologi sederhana dalam produksi pangan.
- 3) Menunjukkan keterampilan ilmiah melalui pembuatan produk berbasis mikroorganisme.

Alat dan Bahan:

- 1) Susu murni cair (500 ml)
- 2) Starter yoghurt (plain yoghurt tanpa pemanis)
- 3) Panci kecil
- 4) Kompor/pemanas
- 5) Termometer (jika ada)
- 6) Wadah bersih bertutup (toples/kaca)

Langkah-Langkah:

- 1) Panaskan susu murni dalam panci hingga mencapai $\pm 45^{\circ}\text{C}$ (tidak boleh terlalu panas agar bakteri tidak mati).
- 2) Setelah hangat, tuangkan susu ke dalam wadah bersih.
- 3) Tambahkan 2 sendok makan yoghurt sebagai starter ke dalam susu.
- 4) Aduk perlahan hingga rata, lalu tutup wadah.
- 5) Simpan wadah dalam suhu ruang hangat ($\pm 6-12$ jam) tanpa diganggu.
- 6) Amati hasil fermentasi: susu akan mengental dan beraroma asam khas yoghurt.

Pertanyaan Refleksi:

- 1) Apa peran bakteri dalam proses fermentasi ini?
- 2) Mengapa penting menjaga suhu saat pembuatan yoghurt?
- 3) Bagaimana kegiatan ini mencerminkan penerapan bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari?



3. Penerapan Mikroorganismen pada Bidang Bioteknologi

Mikroorganismen adalah makhluk hidup yang sangat kecil, yang hanya dapat dilihat menggunakan mikroskop. Meskipun ukurannya kecil, mikroorganismen memiliki peran yang sangat besar dalam berbagai aplikasi bioteknologi. Mikroorganismen seperti bakteri, jamur, alga, dan virus dimanfaatkan dalam berbagai proses bioteknologi untuk menghasilkan produk yang bermanfaat, mengolah limbah, atau bahkan sebagai sumber energi alternatif. Dalam bioteknologi, mikroorganismen digunakan untuk mengubah bahan mentah menjadi produk bernilai tinggi, dan proses ini sering kali lebih ramah lingkungan dan lebih efisien dibandingkan dengan metode konvensional.



Tempe-tempebung.wp.com

Peran Mikroorganismen dalam Produksi Makanan dan Minuman

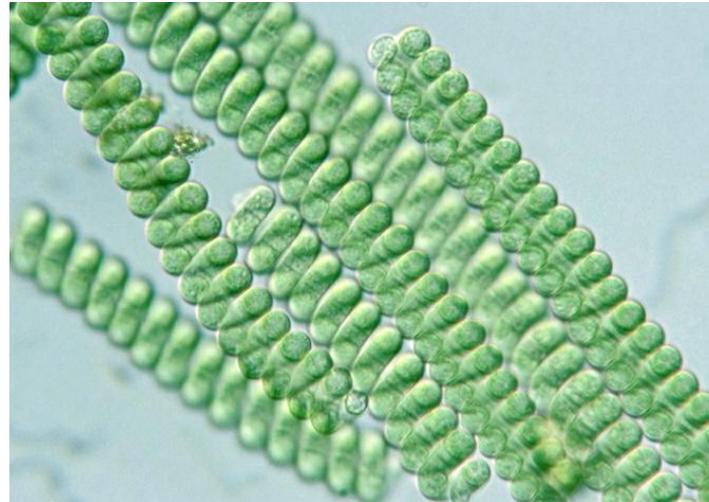
Proses fermentasi yang melibatkan mikroorganismen telah dikenal manusia sejak zaman kuno dan digunakan untuk mengubah bahan mentah menjadi produk yang lebih bergizi dan tahan lama. Mikroorganismen berperan penting dalam **pembuatan makanan dan minuman**, tidak hanya meningkatkan rasa dan aroma, tetapi juga memberikan manfaat kesehatan bagi konsumen. Mikroorganismen yang digunakan dalam fermentasi termasuk bakteri, jamur, dan ragi, yang mengubah gula, pati, atau bahan organik lainnya menjadi alkohol, asam organik, atau gas.

a. Pembuatan Keju

Keju adalah produk fermentasi yang dihasilkan dari susu melalui bantuan bakteri asam laktat, seperti *Lactobacillus* dan *Streptococcus*. Mikroorganismen ini mengubah laktosa dalam susu menjadi asam laktat, yang membantu menggumpalkan protein susu, menghasilkan tekstur keju yang khas. Keju memiliki nilai gizi yang tinggi, termasuk protein, kalsium, dan vitamin, yang diperoleh dari susu, namun proses fermentasi menambah nilai tersebut. Selain itu, proses fermentasi dapat meningkatkan daya tahan keju terhadap pembusukan, memperpanjang umur simpannya, serta memberikan rasa dan aroma yang lebih kompleks.

b. Pembuatan Tempe

Tempe adalah makanan yang diperoleh melalui fermentasi kedelai oleh jamur *Rhizopus oligosporus*. Selama proses fermentasi, jamur ini mengubah komponen kedelai, meningkatkan kandungan protein dan serat pangan, serta mengurangi kadar anti-nutrisi yang ada pada kedelai, seperti fitat dan oligosakarida. Tempe memiliki manfaat kesehatan karena mengandung protein yang mudah dicerna dan kaya akan asam amino esensial, serta dapat meningkatkan fungsi pencernaan berkat adanya mikroorganisme probiotik. Tempe juga menjadi alternatif sumber protein nabati yang penting bagi masyarakat vegetarian atau mereka yang mengurangi konsumsi produk hewani.



Filamen spiral ganggang Spirulina Platensis-innspubnet.wp.com

Mikroorganisme Produsen Protein

Mikroorganisme juga digunakan dalam produksi protein sel tunggal (*Single Cell Protein, SCP*), yang merupakan sumber protein alternatif. SCP diperoleh dari mikroorganisme yang tumbuh sangat cepat dan menghasilkan biomassa yang kaya akan protein yang dapat dimanfaatkan untuk makanan hewan atau bahkan manusia. Pemanfaatan mikroorganisme dalam menghasilkan protein ini merupakan solusi untuk menciptakan sumber protein yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Contoh mikroorganisme yang digunakan dalam produksi SCP adalah Spirulina dan Chlorella, dua jenis mikroalga yang kaya akan protein, vitamin, mineral, dan asam amino esensial. Spirulina, misalnya, memiliki lebih dari 60% protein dan dapat digunakan sebagai suplemen makanan, terutama bagi atlet dan orang yang membutuhkan nutrisi tambahan. Di bidang industri pangan, *Fusarium venenatum*, sebuah jenis jamur, juga digunakan untuk menghasilkan Quorn, produk makanan berbasis mikroba yang menjadi alternatif daging hewani, yang lebih ramah lingkungan dan rendah lemak.

Mikroorganisme Penghasil Senyawa Organik, Enzim, dan Vitamin

Mikroorganisme tidak hanya menghasilkan produk yang langsung dikonsumsi, tetapi juga menghasilkan berbagai zat organik dan enzim yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Mikroorganisme digunakan untuk menghasilkan senyawa kimia yang penting bagi industri pangan, farmasi, dan industri lainnya. Zat-zat yang dihasilkan mikroorganisme ini termasuk asam amino, asam organik, enzim, dan vitamin yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri.

a. Asam Amino

Asam amino adalah komponen dasar pembentuk protein, dan keberadaannya sangat penting dalam berbagai proses biokimia tubuh. Mikroorganisme digunakan dalam produksi asam amino melalui fermentasi, yang menyediakan asam amino untuk digunakan dalam industri makanan, pakan ternak, dan obat-obatan. Salah satu asam amino yang paling terkenal dan banyak diproduksi oleh mikroorganisme adalah asam glutamat.

▷ Asam Glutamat

Asam glutamat adalah salah satu asam amino non-esensial yang paling banyak digunakan dalam industri makanan sebagai penyedap rasa (*MSG*). Mikroorganisme seperti *Corynebacterium glutamicum* dan *Brevibacterium flavum* digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan asam glutamat dalam jumlah besar. Selama proses fermentasi, mikroorganisme ini mengubah karbohidrat

menjadi asam glutamat. Proses ini telah menggantikan metode tradisional yang lebih mahal dan memakan waktu. Asam glutamat memainkan peran penting dalam meningkatkan cita rasa makanan, terutama dalam produk seperti sup instan, saus, dan makanan olahan lainnya.

▷ Lisin dan Treonin

Selain glutamat, mikroorganisme juga digunakan dalam produksi lisin dan treonin, dua asam amino esensial yang penting dalam pembuatan pakan ternak. Asam amino ini penting untuk pertumbuhan dan perkembangan hewan, sehingga penggunaannya dalam industri pakan ternak membantu meningkatkan produksi daging dan susu. Mikroorganisme seperti *Corynebacterium glutamicum* dan *Escherichia coli* dimodifikasi secara genetik untuk menghasilkan asam amino ini dalam jumlah besar.



[Asam Cuka-detik.com](http://AsamCuka-detik.com)

b. Pembuatan Asam Cuka

Asam cuka diproduksi melalui fermentasi alkohol oleh bakteri *Acetobacter aceti*. Bakteri ini mengubah alkohol menjadi asam asetat, yang digunakan dalam industri pangan sebagai pengawet alami serta bahan dasar untuk saus dan bumbu. Proses fermentasi asam cuka juga memungkinkan peningkatan rasa dan aroma dalam makanan, menjadikannya bahan yang banyak digunakan di dapur.

c. Asam Sitrat

Asam sitrat, yang banyak digunakan sebagai pengatur keasaman dalam makanan dan minuman, diproduksi oleh *Aspergillus niger*, jenis jamur yang tumbuh pada media yang kaya gula. Asam sitrat digunakan dalam pembuatan minuman ringan, permen, dan produk kosmetik, serta berfungsi sebagai pengawet alami yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme lainnya.

d. Enzim

Enzim adalah protein yang dihasilkan oleh mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk mempercepat reaksi kimia tertentu. Berbagai jenis enzim digunakan dalam berbagai industri untuk meningkatkan efisiensi proses produksi, seperti dalam industri makanan, farmasi, tekstil, dan deterjen. Mikroorganisme juga menghasilkan berbagai enzim yang memiliki aplikasi luas dalam industri. Sebagai contoh, amilase yang dihasilkan oleh *Bacillus subtilis* digunakan dalam industri makanan untuk

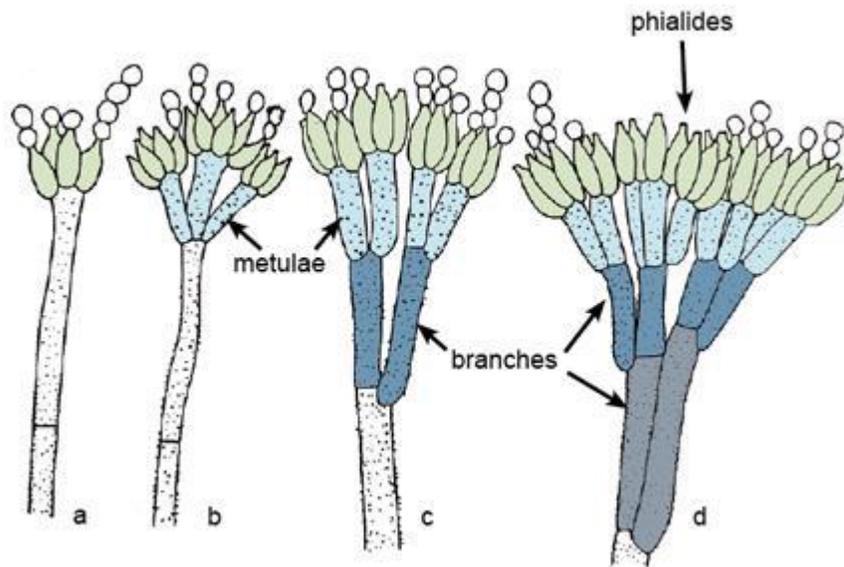
mengubah pati menjadi gula sederhana, sementara protease digunakan dalam industri deterjen untuk menghilangkan noda protein pada pakaian. Enzim-enzim ini digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas proses produksi di berbagai industri, seperti tekstil, makanan, dan farmasi.

Tabel Enzim yang Diproduksi secara Komersial melalui Fermentasi oleh Mikroorganisme

Enzim	Mikroorganisme Penghasil	Proses yang Dipercepat	Aplikasi Komersial
Amilase	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Aspergillus oryzae</i>	Menghidrolisis pati menjadi gula sederhana seperti glukosa dan maltosa	Industri makanan (produksi roti, biskuit, sirup glukosa), industri pembersih (detergen)
Protease	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Aspergillus niger</i>	Menghidrolisis protein menjadi peptida dan asam amino	Industri deterjen, pembuatan keju, pemrosesan makanan (daging olahan), farmasi
Lipase	<i>Candida antarctica</i> , <i>Aspergillus niger</i>	Menghidrolisis lemak menjadi asam lemak dan gliserol	Industri biodiesel, pembuatan keju, deterjen, industri pangan (pembuatan minyak)
Cellulase	<i>Trichoderma reesei</i> , <i>Aspergillus niger</i>	Menghidrolisis selulosa menjadi glukosa atau produk turunan lainnya	Industri tekstil (pemutihan kain), pembuatan bioetanol, pakan ternak
Xilanase	<i>Trichoderma viride</i> , <i>Aspergillus niger</i>	Menghidrolisis xilan (karbohidrat yang terdapat pada dinding sel tumbuhan) menjadi gula sederhana	Pembuatan bioetanol, industri makanan (pengolahan padi dan gandum), industri kertas
Laktase	<i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Kluyveromyces lactis</i>	Menghidrolisis laktosa menjadi glukosa dan galaktosa	Produksi susu bebas laktosa, produk pangan (susu dan es krim), obat-obatan
Pektinase	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium expansum</i>	Menghidrolisis pektin dalam buah untuk mempermudah ekstraksi jus dan produk gel	Industri jus, pembuatan selai, pengolahan buah, industri kosmetik
Chitosanase	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Trichoderma viride</i>	Menghidrolisis kitosan (polimer dari kitin) menjadi oligosakarida atau produk turunan lainnya	Industri pangan (biodegradable coating), pengolahan limbah, farmasi
Invertase	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Aspergillus niger</i>	Menghidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa	Industri gula (produksi sirup), pembuatan permen, industri pangan
Amilase Alpha	<i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Menghidrolisis pati menjadi maltosa, glukosa dan dekstrin	Industri alkohol (fermentasi), industri makanan, pembuatan sirup manis

e. Vitamin

Mikroorganisme juga digunakan untuk menghasilkan vitamin B12, yang diproduksi oleh *Propionibacterium* dan digunakan dalam industri farmasi. Vitamin B12 memiliki peran penting dalam pembentukan sel darah merah dan fungsi saraf yang sehat. Selain itu, mikroorganisme dapat menghasilkan berbagai jenis vitamin lain, seperti vitamin B2 (riboflavin) dan vitamin C (asam askorbat), yang digunakan dalam suplemen dan produk kesehatan.



Struktur Penicillium-adelaide.edu.au

Mikroorganisme Penyusun Zat Obat

Mikroorganisme juga berperan penting dalam produksi antibiotik dan vaksin yang telah menyelamatkan jutaan nyawa manusia. Sejak penemuan penisilin oleh Alexander Fleming pada tahun 1928, mikroorganisme telah digunakan untuk menghasilkan obat-obatan yang efektif melawan berbagai infeksi bakteri. Selain itu, mikroorganisme juga digunakan untuk memproduksi vaksin yang membantu mencegah penyakit menular.

a. Antibiotik

Mikroorganisme seperti *Penicillium notatum* (penisilin), *Streptomyces griseus* (streptomisin), dan *Saccharopolyspora erythraea* (eritromisin) digunakan untuk menghasilkan antibiotik yang dapat mengatasi infeksi bakteri yang berbahaya bagi manusia. Antibiotik ini bekerja dengan cara menghancurkan dinding sel bakteri atau menghambat sintesis protein mereka, sehingga mencegah bakteri berkembang biak. Penemuan dan produksi antibiotik oleh mikroorganisme telah mengubah dunia medis dan memungkinkan kita untuk mengobati infeksi yang sebelumnya mematikan.

▷ Penisilin

Penisilin ditemukan oleh Alexander Fleming pada tahun 1928 dari jamur *Penicillium notatum*. Penisilin merupakan antibiotik pertama yang digunakan dalam pengobatan infeksi bakteri. Antibiotik ini bekerja dengan cara menghambat pembentukan dinding sel bakteri, sehingga menyebabkan kematian bakteri. Penisilin sangat efektif untuk mengobati infeksi bakteri Gram-positif seperti radang tenggorokan, pneumonia, dan infeksi kulit.

▷ **Sefalosporin**

Sefalosporin adalah antibiotik yang dihasilkan oleh jamur *Acremonium* (sebelumnya dikenal sebagai *Cephalosporium*). Sefalosporin memiliki mekanisme yang mirip dengan penisilin, yaitu menghambat pembentukan dinding sel bakteri. Namun, sefaloporin memiliki spektrum yang lebih luas, sehingga efektif terhadap bakteri Gram-positif maupun Gram-negatif. Beberapa jenis sefaloporin digunakan untuk mengobati infeksi saluran pernapasan, infeksi saluran kemih, dan infeksi kulit.

▷ **Streptomisin**

Streptomisin ditemukan oleh *Streptomyces griseus* dan merupakan salah satu antibiotik yang efektif untuk mengobati tuberkulosis (TBC). Streptomisin bekerja dengan cara menghambat sintesis protein bakteri, yang menyebabkan bakteri tidak dapat berkembang biak. Selain tuberkulosis, streptomisin juga digunakan untuk mengobati infeksi bakteri lainnya yang resisten terhadap antibiotik lain.

▷ **Tetrasiklin**

Tetrasiklin adalah antibiotik yang dihasilkan oleh *Streptomyces aureofaciens* dan bekerja dengan cara menghambat sintesis protein bakteri. Tetrasiklin memiliki spektrum yang luas, efektif terhadap banyak bakteri Gram-positif dan Gram-negatif. Antibiotik ini digunakan untuk mengobati infeksi pernapasan, infeksi saluran kemih, dan penyakit menular seksual seperti klamidia.

▷ **Eritromisin**

Eritromisin diproduksi oleh *Saccharopolyspora erythraea* dan merupakan antibiotik golongan makrolida. Eritromisin bekerja dengan cara menghambat sintesis protein pada bakteri. Obat ini efektif terhadap bakteri yang tidak dapat berkembang biak di bawah pengaruh penisilin, dan digunakan untuk mengobati infeksi saluran pernapasan, infeksi telinga, serta infeksi kulit dan jaringan lunak.

▷ **Polimiksin**

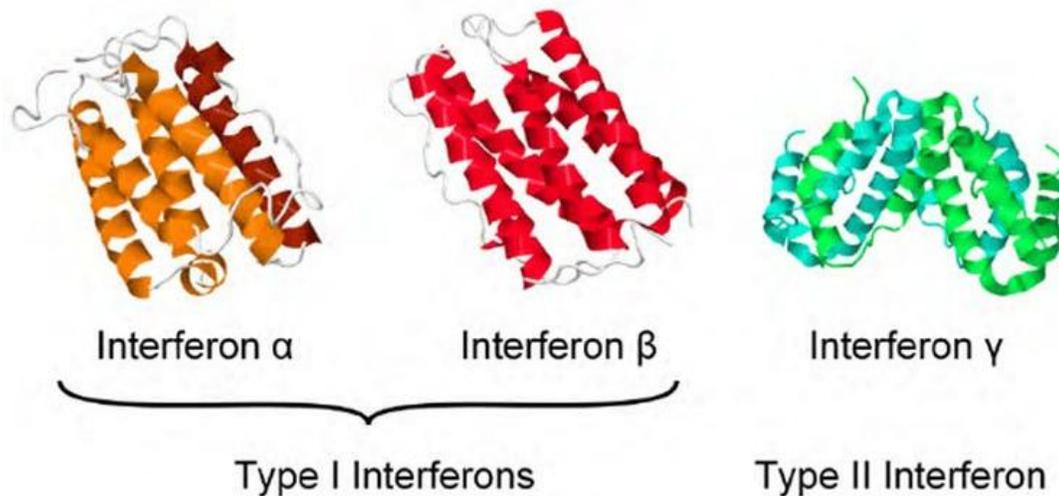
Polimiksin dihasilkan oleh *Bacillus polymyxa* dan efektif untuk melawan bakteri Gram-negatif yang resisten terhadap antibiotik lain. Polimiksin bekerja dengan merusak membran sel bakteri, menyebabkan kebocoran komponen sel bakteri yang mengarah pada kematian sel. Antibiotik ini sering digunakan untuk mengobati infeksi kulit, mata, serta infeksi pada saluran pernapasan bawah.

▷ **Basitrasin**

Basitrasin dihasilkan oleh *Bacillus subtilis* dan berfungsi menghambat sintesis dinding sel bakteri. Basitrasin umumnya digunakan untuk mengobati infeksi kulit ringan, terutama yang disebabkan oleh bakteri *Staphylococcus* dan *Streptococcus*. Antibiotik ini biasanya diterapkan secara topikal dalam bentuk salep atau krim.

b. Vaksin

Mikroorganisme juga digunakan dalam pembuatan vaksin untuk melindungi manusia dari berbagai penyakit menular. Vaksin seperti vaksin hepatitis B, yang dihasilkan dengan teknologi rekombinan, menggunakan mikroorganisme yang dimodifikasi untuk menghasilkan protein virus. Vaksin ini merangsang tubuh untuk menghasilkan kekebalan tanpa menyebabkan penyakit. Mikroorganisme yang dilemahkan atau tidak aktif juga digunakan untuk menghasilkan vaksin bagi penyakit seperti polio, campak, dan influenza.



Interferon-kompas.com

c. Interferon

Interferon adalah protein yang diproduksi secara alami oleh sel-sel tubuh sebagai respons terhadap infeksi virus. Interferon berfungsi sebagai bagian dari sistem pertahanan tubuh untuk melawan infeksi virus dengan cara mengaktifkan mekanisme yang menghambat replikasi virus dalam sel tubuh. Secara umum, interferon dibagi menjadi tiga jenis utama, yaitu interferon alfa (α), interferon beta (β), dan interferon gamma (γ). Masing-masing jenis interferon ini berperan dalam jenis infeksi yang berbeda dan memiliki fungsi spesifik dalam pengaturan respons imun tubuh.

Interferon alfa diproduksi oleh sel-sel darah putih (leukosit) dan digunakan dalam pengobatan beberapa jenis infeksi virus seperti hepatitis B dan C. Interferon beta diproduksi oleh sel-sel tubuh untuk merespons infeksi virus dan berfungsi mengatur aktivitas sistem kekebalan tubuh, terutama pada penyakit autoimun seperti sklerosis ganda (multiple sclerosis). Sedangkan interferon gamma lebih terfokus pada respons terhadap infeksi bakteri dan berperan dalam mengaktifkan sistem kekebalan tubuh untuk melawan patogen tersebut.

Dalam pengobatan medis, interferon rekombinan kini dapat diproduksi menggunakan teknologi rekayasa genetika. Dengan metode ini, gen yang bertanggung jawab untuk produksi interferon dimasukkan ke dalam mikroorganisme seperti *Escherichia coli* atau *Saccharomyces cerevisiae*, yang kemudian menghasilkan interferon dalam jumlah besar yang dapat digunakan untuk terapi. Interferon rekombinan ini telah digunakan untuk mengobati sejumlah penyakit, termasuk hepatitis B dan C, beberapa jenis kanker (seperti kanker ginjal dan kanker kulit), serta kondisi penyakit autoimun.

Selain fungsinya dalam terapi, interferon juga berperan dalam regulasi respons imun tubuh dengan meningkatkan aktivitas sel-sel imun seperti sel T dan makrofag, yang secara langsung menyerang dan menghancurkan sel yang terinfeksi virus. Interferon juga berperan dalam meningkatkan ekspresi protein-protein antibodi yang melawan patogen dan mempercepat proses apoptosis (kematian sel terprogram) pada sel yang terinfeksi, sehingga virus tidak dapat berkembang biak lebih lanjut. Selain itu, interferon memiliki peran dalam mengatur penghalang virus dengan meningkatkan produksi enzim antiviral dalam sel yang terinfeksi.

Namun, meskipun interferon sangat efektif dalam pengobatan, penggunaannya juga dapat menyebabkan efek samping. Beberapa efek samping yang mungkin muncul akibat terapi interferon meliputi gejala flu, peningkatan suhu tubuh, kelelahan, depresi, dan gangguan fungsi hati. Oleh karena

itu, terapi interferon biasanya dilakukan dengan pemantauan medis yang ketat untuk meminimalkan risiko efek samping dan memastikan efektivitas pengobatan.

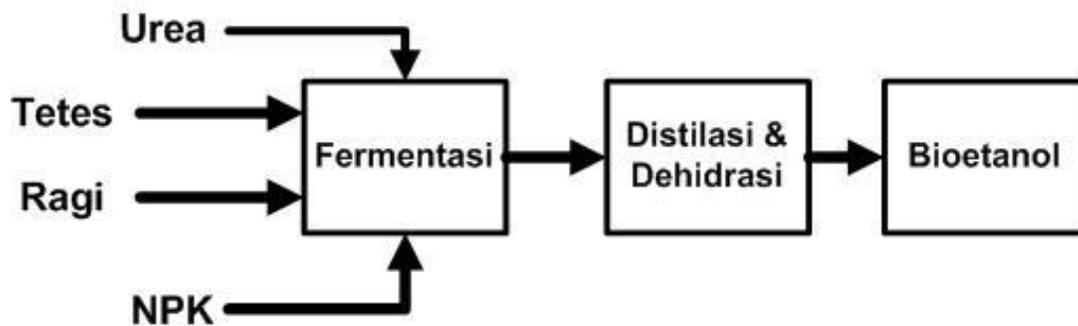
Secara keseluruhan, interferon merupakan salah satu terobosan besar dalam pengobatan infeksi virus dan beberapa kondisi medis lainnya. Keberhasilan interferon dalam terapi medis menandai pentingnya teknologi bioteknologi dalam menciptakan produk terapeutik yang bermanfaat, yang dapat mengatasi penyakit-penyakit yang sebelumnya sulit diobati.

Mikroorganisme Penghasil Sumber Energi

Mikroorganisme berperan penting dalam produksi **energi alternatif**, yang merupakan salah satu solusi untuk menggantikan penggunaan bahan bakar fosil yang semakin menipis dan berdampak negatif pada lingkungan. Mikroorganisme mampu mengubah bahan organik menjadi sumber energi yang dapat dimanfaatkan dalam bentuk **biofuel**, gas metana, dan gas hidrogen. Proses ini tidak hanya berkelanjutan tetapi juga dapat membantu mengurangi dampak perubahan iklim dengan mengurangi emisi gas rumah kaca. Berikut adalah beberapa contoh mikroorganisme yang menghasilkan energi alternatif:

a. Bahan Bakar Alkohol

Mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae* (ragi) digunakan untuk fermentasi gula menjadi **etanol**, yang dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti bensin atau bahan bakar tambahan yang ramah lingkungan. Produksi bioetanol ini lebih berkelanjutan karena menggunakan bahan baku terbarukan seperti jagung atau tebu. Bioetanol adalah bahan bakar terbarukan yang diperoleh melalui fermentasi gula, pati, atau selulosa oleh mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae* (ragi). Proses fermentasi ini mengubah karbohidrat dalam bahan mentah menjadi etanol (alkohol) dan karbon dioksida. Bioetanol sering digunakan sebagai pengganti bensin atau sebagai campuran bensin untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi dan mengurangi emisi gas rumah kaca.



Proses Pembuatan Bioetanol-isroi.com

Proses pembuatan bioetanol diawali dengan mengolah bahan baku yang kaya akan pati seperti jagung, tebu, atau singkong menjadi glukosa melalui hidrolisis. Kemudian, mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* digunakan untuk mengubah glukosa menjadi etanol dan karbon dioksida. Proses ini tidak hanya menghasilkan bioetanol sebagai bahan bakar, tetapi juga menghasilkan gas karbon dioksida yang dapat dimanfaatkan dalam proses lain, seperti dalam pembuatan minuman berkarbonasi.

Bioetanol memiliki keuntungan karena dapat diproduksi dari berbagai sumber bahan baku yang dapat diperbarui. Selain itu, penggunaannya dapat mengurangi emisi karbon dioksida yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil, menjadikannya sebagai sumber energi yang lebih ramah lingkungan. Namun, terdapat tantangan terkait kompetisi penggunaan bahan pangan untuk produksi biofuel, yang dapat mempengaruhi ketahanan pangan.

b. Gas Metana

Gas metana (CH_4) adalah salah satu jenis gas rumah kaca yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Gas ini dihasilkan oleh mikroorganisme yang disebut metanogen, yang hidup dalam lingkungan anaerob (tanpa oksigen). Proses ini dikenal sebagai metanogenesis, di mana mikroorganisme metanogen mengurai bahan organik seperti limbah tanaman, kotoran hewan, dan sampah organik lainnya untuk menghasilkan metana.

Metanogen ditemukan dalam lingkungan seperti lumpur anaerobik, saluran pencernaan hewan ruminansia (seperti sapi), dan tempat pembuangan sampah yang menghasilkan metana melalui dekomposisi bahan organik. Gas metana yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk memasak, pembangkit listrik, dan bahan bakar kendaraan. Penggunaan gas metana sebagai energi juga membantu mengurangi emisi metana ke atmosfer, yang dapat memperburuk perubahan iklim.

Selain itu, metanogen juga digunakan dalam proses bioremediasi untuk mengurangi dampak pencemaran dengan menguraikan bahan organik berbahaya yang ada dalam limbah. Proses ini berkontribusi pada keberlanjutan energi dan pengelolaan limbah secara lebih efisien.

c. Gas Hidrogen

Gas hidrogen (H_2) adalah sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan dapat digunakan dalam sel bahan bakar untuk menghasilkan listrik. Beberapa mikroorganisme, seperti *Clostridium* dan *Alcaligenes eutrophus*, memiliki kemampuan untuk menghasilkan hidrogen melalui proses yang disebut fermentasi anaerob. Dalam proses ini, mikroorganisme menguraikan substrat organik (seperti gula atau asam organik) dan menghasilkan hidrogen sebagai produk sampingan.

Hidrogen dapat digunakan dalam sel bahan bakar hidrogen, yang menggabungkan hidrogen dengan oksigen untuk menghasilkan listrik dan hanya menghasilkan air sebagai produk sampingan, menjadikannya sangat ramah lingkungan. Teknologi sel bahan bakar hidrogen dipandang sebagai salah satu alternatif paling menjanjikan untuk menggantikan bahan bakar fosil dalam transportasi, pembangkit listrik, dan industri lainnya.

Produksi hidrogen biologis ini memiliki keuntungan, karena mikroorganisme yang digunakan dalam proses fermentasi ini dapat menggunakan bahan baku yang melimpah dan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan metode konvensional untuk produksi hidrogen, yang memerlukan proses industri yang lebih kompleks dan berpotensi menghasilkan polusi. Namun, tantangan yang dihadapi adalah efisiensi produksi hidrogen dan skalabilitasnya, yang memerlukan penelitian lebih lanjut untuk menjadikannya lebih ekonomis dan praktis untuk aplikasi luas.

Mikroorganisme Pengendali Hama Tanaman (Biopestisida)

Penggunaan pestisida kimia dalam pertanian sering kali menyebabkan kerusakan lingkungan, seperti pencemaran tanah dan air, serta menurunnya keanekaragaman hayati. Untuk mengatasi masalah ini, biopestisida, yang menggunakan mikroorganisme untuk mengendalikan hama tanaman, menjadi solusi yang lebih ramah lingkungan. Biopestisida menggunakan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan virus yang secara alami dapat mengendalikan populasi hama tanaman tanpa merusak ekosistem.

Bacillus thuringiensis (Bt) adalah salah satu mikroorganisme yang paling terkenal digunakan sebagai biopestisida. *Bacillus thuringiensis* menghasilkan protein toksik yang dapat membunuh larva serangga hama seperti ulat pada tanaman kapas dan jagung. Selain itu, biopestisida berbasis mikroorganisme juga digunakan untuk mengendalikan jamur patogen yang dapat menyebabkan penyakit tanaman, serta virus tanaman yang menyebabkan kerusakan ekonomi pada tanaman pangan.

Keuntungan utama dari biopestisida adalah keamanannya yang lebih tinggi dibandingkan dengan pestisida kimia. Penggunaan biopestisida tidak hanya mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan organisme non-target, tetapi juga dapat mengurangi potensi resistensi hama terhadap pestisida, yang merupakan masalah utama dengan penggunaan pestisida kimia. Selain itu, biopestisida dapat digunakan dalam pertanian organik yang menghindari penggunaan bahan kimia sintetis.

Penggunaan Mikroorganisme dalam Sektor Peternakan

Mikroorganisme juga memiliki peran penting dalam bidang peternakan, baik dalam meningkatkan produktivitas ternak maupun mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan hewan dan lingkungan. Mikroorganisme digunakan dalam pakan ternak, pengelolaan limbah ternak, dan peningkatan kesehatan hewan.

a. Probiotik untuk Ternak

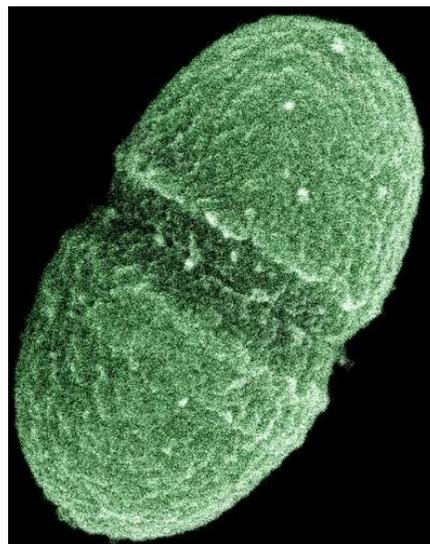
Mikroorganisme seperti *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, dan *Enterococcus* digunakan sebagai probiotik dalam pakan ternak. Probiotik ini dapat meningkatkan keseimbangan mikroflora usus hewan, yang pada gilirannya dapat meningkatkan penyerapan nutrisi, daya tahan tubuh, dan pertumbuhan hewan. Pemberian probiotik pada sapi, ayam, dan kambing, misalnya, dapat meningkatkan produksi susu, daging, dan telur.

b. Pengolahan Limbah Ternak

Mikroorganisme juga digunakan untuk mengolah limbah ternak seperti kotoran sapi dan ayam. Proses bioremediasi menggunakan mikroorganisme untuk menguraikan limbah organik dalam kotoran hewan, mengurangi bau dan mencegah polusi tanah serta air. Hal ini berkontribusi pada pertanian berkelanjutan dengan mengurangi dampak negatif dari pembuangan limbah ternak.

c. Vaksin dan Terapi Mikroba

Mikroorganisme juga digunakan dalam pembuatan vaksin untuk mencegah penyakit pada hewan ternak, seperti pemberian vaksin avian flu pada ayam atau vaksin foot-and-mouth disease pada sapi. Selain itu, penggunaan mikroorganisme terapeutik seperti probiotik dan bakteri penghasil antibiotik dapat membantu menjaga kesehatan hewan ternak dan mencegah infeksi patogen.



Enterococcus-wikipedia.com

Mikroorganisme Pengurai Limbah

Mikroorganisme memainkan peran yang sangat penting dalam pengolahan limbah untuk mengurangi polusi dan meningkatkan keberlanjutan lingkungan. Mikroorganisme dapat menguraikan berbagai jenis limbah, baik limbah organik maupun limbah industri yang berbahaya, dengan cara yang ramah lingkungan. Berikut adalah beberapa proses mikrobiologis dalam pengolahan limbah:

a. Pengolahan Limbah Organik

Limbah organik meliputi sisa makanan, kotoran hewan, dan bahan organik lainnya yang dapat terurai dengan mudah oleh mikroorganisme. Mikroorganisme seperti bakteri dekomposer dan jamur saprofit digunakan dalam pengolahan limbah organik dengan cara mengurai materi organik menjadi senyawa yang lebih sederhana, seperti karbon dioksida, air, dan bahan organik yang lebih ringan. Proses ini menghasilkan kompos yang dapat digunakan sebagai pupuk alami untuk pertanian.

Limbah organik dapat diolah melalui komposting, yaitu proses penguraian bahan organik secara aerobik oleh mikroorganisme. Komposting adalah salah satu metode pengelolaan sampah yang ramah lingkungan, karena menghasilkan produk yang berguna (kompos) dan mengurangi jumlah sampah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir.

b. Pengolahan Limbah dengan Sistem Lumpur Aktif

Sistem lumpur aktif (*activated sludge*) adalah salah satu metode pengolahan limbah cair yang menggunakan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah. Dalam sistem ini, mikroorganisme ditumbuhkan dalam lumpur aktif yang memiliki kapasitas untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah. Limbah cair yang masuk akan diolah oleh mikroorganisme yang ada dalam lumpur aktif, mengubah bahan organik menjadi biomassa mikroba dan menghasilkan air yang lebih bersih dan layak untuk dibuang atau diproses lebih lanjut.

Sistem ini sangat efektif dalam pengolahan limbah domestik dan limbah industri, seperti limbah dari industri makanan, tekstil, dan farmasi.

c. Pengolahan Limbah dengan Biofilm

Biofilm adalah lapisan tipis mikroorganisme yang menempel pada permukaan bahan, seperti media filtrasi dalam pengolahan limbah. Dalam proses ini, mikroorganisme membentuk biofilm di sekitar bahan pengisi yang dapat mengurai bahan organik dalam air limbah. Sistem biofilm sangat efisien dalam pengolahan limbah cair karena mikroorganisme dalam biofilm dapat menguraikan senyawa berbahaya dan menyaring air dengan lebih cepat. Teknik ini banyak digunakan dalam pengolahan air limbah domestik dan industri yang menghasilkan limbah cair tinggi organik.

d. Penguraian Lumpur Secara Anaerobik

Dalam proses penguraian anaerobik, mikroorganisme yang bekerja tanpa oksigen (anaerob) menguraikan limbah organik, seperti lumpur dari pengolahan air limbah, menjadi gas metana dan produk lain. Proses ini sangat berguna untuk mengurangi volume lumpur yang harus dibuang dan menghasilkan biogas yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Proses anaerobik ini banyak diterapkan di instalasi pengolahan air limbah untuk mengurangi limbah dan menghasilkan energi terbarukan.

e. Mikroorganisme Pembersih Limbah Minyak

Mikroorganisme seperti *Pseudomonas* dan *Bacillus* digunakan untuk menguraikan limbah minyak yang biasanya sulit diolah dengan cara konvensional. Proses ini disebut bioremediasi, di mana mikroorganisme menguraikan senyawa berbahaya dalam minyak seperti hidrokarbon menjadi produk yang lebih aman. Mikroorganisme ini dapat digunakan untuk membersihkan tumpahan minyak di laut atau sungai, serta untuk membersihkan tanah yang tercemar minyak. Bioremediasi memiliki keuntungan besar karena lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan bahan kimia dalam pembersihan limbah minyak.

Mikroorganisme Pengurai Alami Plastik (Bioplastik)

Bioplastik adalah plastik yang diproduksi dari bahan organik yang dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme, dibandingkan dengan plastik berbasis minyak bumi yang sulit terurai dan berkontribusi pada pencemaran lingkungan. Mikroorganisme digunakan untuk menghasilkan bioplastik melalui proses fermentasi pati, selulosa, atau minyak nabati menjadi bahan plastik yang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme setelah digunakan.

Polyhydroxyalkanoates (PHA) adalah salah satu jenis bioplastik yang dihasilkan oleh mikroorganisme seperti *Ralstonia eutropha* dan *Pseudomonas*. PHA digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam kemasan

makanan, medis, dan industri lainnya. Bioplastik ini lebih ramah lingkungan karena dapat terurai dengan cepat setelah dibuang, mengurangi polusi plastik yang mengancam ekosistem.

Penerapan Mikroorganismes dalam Sektor Pertambangan

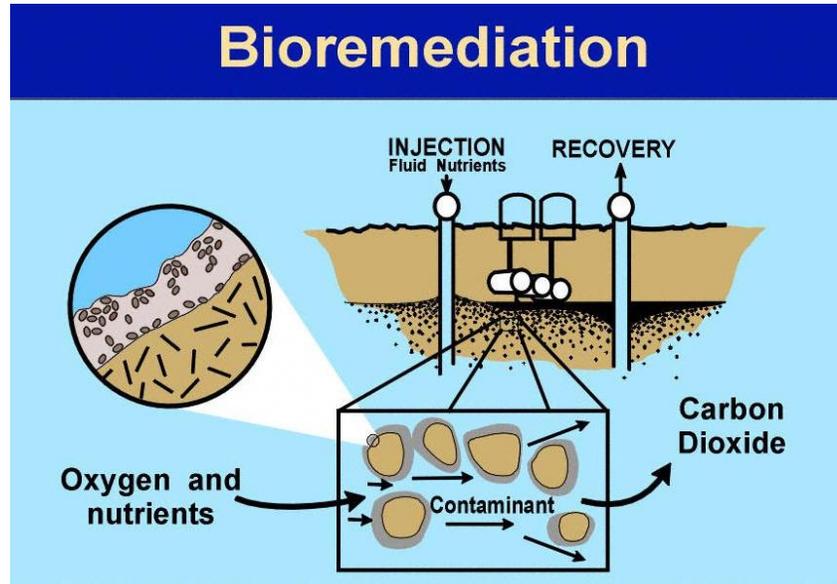
Mikroorganismes juga memiliki aplikasi penting dalam bidang pertambangan, terutama dalam proses biomineraj dan bioremediasi. Mikroorganismes digunakan untuk mengekstraksi logam berharga dari bijih tambang dan untuk membersihkan limbah tambang yang berbahaya bagi lingkungan.

a. Biomineraj

Biomineraj adalah proses yang menggunakan mikroorganismes untuk mengekstraksi logam seperti emas, tembaga, dan perak dari bijih tambang. Mikroorganismes seperti *Thiobacillus ferrooxidans* digunakan untuk mengoksidasi logam dan mempermudah proses pemisahan logam dari bijihnya. Proses ini lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan metode tradisional yang menggunakan bahan kimia berbahaya.

b. Bioremediasi Limbah Tambang

Mikroorganismes juga digunakan dalam bioremediasi limbah tambang untuk mengurangi dampak pencemaran yang disebabkan oleh limbah logam berat dan asam yang dihasilkan selama proses penambangan. Mikroorganismes dapat menguraikan atau mengendapkan logam berat dan bahan kimia berbahaya lainnya, membersihkan tanah dan air yang tercemar oleh kegiatan pertambangan.



Bioremediasi Limbah Tambang-duniaenergi.com



Contoh Soal

Mikroorganisme digunakan dalam bioteknologi untuk menghasilkan antibiotik. Apa manfaat utama dari penggunaan antibiotik dalam dunia medis?

- A. Untuk mengobati infeksi yang disebabkan oleh virus, dengan efek samping minimal.
- B. Untuk meningkatkan produksi makanan di pasar internasional.
- C. Untuk menghancurkan bakteri penyebab penyakit tanpa merusak sel tubuh manusia.
- D. Untuk memproduksi hormon dalam jumlah besar.
- E. Untuk memperbaiki kualitas udara di sekitar kita.

Jawaban Benar: C. Untuk menghancurkan bakteri penyebab penyakit tanpa merusak sel tubuh manusia.

Penjelasan:

Antibiotik digunakan untuk menghancurkan bakteri penyebab penyakit dengan memblokir fungsi bakteri tanpa merusak sel tubuh manusia. Ini sangat penting untuk mengobati infeksi bakteri yang berpotensi mematikan, seperti pneumonia atau tuberkulosis.



Biologipedia

Penggunaan Mikroorganisme dalam Bioteknologi

- ▷ Mikroorganisme mampu menghasilkan produk yang tidak hanya digunakan dalam obat-obatan, tetapi juga dalam pembersihan lingkungan, seperti bioremediasi yang menggunakan bakteri untuk menguraikan polutan minyak.
- ▷ Bakteri yang diubah genetiknya kini digunakan dalam industri makanan dan minuman, seperti pembuatan yogurt dan tempe, yang memberikan manfaat kesehatan bagi tubuh.
- ▷ Antibiotik pertama, seperti penisilin, ditemukan secara tidak sengaja oleh Alexander Fleming pada tahun 1928, dan kini bioteknologi mempercepat penemuan antibiotik baru yang dapat melawan bakteri resisten





4. Teknik Kultur Jaringan dalam Pengembangbiakan Tanaman

Kultur jaringan adalah salah satu teknik bioteknologi yang digunakan untuk memperbanyak tanaman secara vegetatif di luar tubuh tanaman induk dalam kondisi terkendali. Teknik ini memungkinkan para ilmuwan untuk menghasilkan banyak tanaman dengan sifat yang sama dengan tanaman induknya, dalam waktu yang lebih singkat dan dengan jumlah yang lebih banyak. Kultur jaringan dilakukan dengan menumbuhkan potongan kecil jaringan atau sel dari tumbuhan dalam media kultur yang mengandung nutrisi dan hormon yang diperlukan untuk pertumbuhannya.



Planlet Pisang Abaca (*Musa textilis*)-dafatanam.com

Dasar-Dasar Teknik Kultur Jaringan

Prinsip dasar dari kultur jaringan adalah kemampuan sel tumbuhan untuk berdediferensiasi dan membentuk individu baru. Sel-sel tumbuhan memiliki totipotensi, yaitu kemampuan untuk berkembang menjadi seluruh organisme baru jika diberikan kondisi yang tepat. Dalam kultur jaringan, potongan kecil dari tanaman, yang bisa berupa tunas, daun, akar, atau bagian lainnya, ditempatkan dalam medium yang mengandung air, mineral, hormon, dan nutrisi lainnya yang mendukung pertumbuhannya.

Proses ini terdiri dari beberapa tahapan penting, yaitu:

- 1) Induksi kalus: Sel atau jaringan tanaman yang diambil ditumbuhkan dalam medium yang mengandung hormon seperti sitokinin dan auksin untuk merangsang pembentukan kalus (jaringan tidak terorganisir yang terdiri dari sel-sel yang terus-menerus membelah).
- 2) Multiplikasi: Setelah kalus terbentuk, potongan kalus tersebut dapat menghasilkan tunas atau akar tergantung pada jenis hormon yang digunakan dalam media.
- 3) Pengakaran: Tunas yang terbentuk kemudian dipindahkan ke medium yang mengandung hormon pengakaran untuk menghasilkan akar.
- 4) Aklimatisasi: Setelah tanaman memiliki akar yang cukup kuat, tanaman dipindahkan ke media tanah agar bisa beradaptasi dengan lingkungan nyata sebelum ditanam di lapangan atau kebun.

Manfaat Kultur Jaringan

Kultur jaringan memiliki banyak manfaat yang sangat berguna dalam pertanian, hortikultura, dan pemuliaan tanaman. Beberapa manfaat utama dari teknik ini adalah:

a. Perbanyak Tanaman Secara Massal

Kultur jaringan memungkinkan perbanyak tanaman dalam jumlah besar dalam waktu yang singkat. Hal ini sangat berguna dalam industri tanaman hias, tanaman buah, dan tanaman perkebunan yang ingin memperbanyak jenis tanaman unggul dalam jumlah yang banyak dan seragam. Teknik ini sering digunakan untuk memperbanyak tanaman yang sulit berkembang biak melalui biji atau stek.

b. Produksi Tanaman Unggul

Dengan kultur jaringan, kita dapat menghasilkan tanaman yang memiliki sifat yang diinginkan, seperti ketahanan terhadap penyakit atau hama, hasil yang lebih tinggi, atau kualitas buah yang lebih baik. Hal ini memungkinkan pengembangannya secara lebih cepat dibandingkan dengan pemuliaan tanaman konvensional.

c. Memperbaiki Kualitas Tanaman

Kultur jaringan juga dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas tanaman dengan menggunakan teknik mutasi atau rekayasa genetika. Misalnya, tanaman yang dihasilkan dapat memiliki ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang buruk atau daya tahan terhadap hama dan penyakit yang sulit diatasi dengan cara konvensional.

d. Pengawetan Tanaman Langka

Kultur jaringan dapat digunakan untuk mengawetkan spesies tanaman yang terancam punah atau tanaman langka dengan memperbanyaknya dalam kondisi yang aman dan terkendali. Tanaman yang dihasilkan dari kultur jaringan memiliki kualitas genetik yang seragam dan dapat digunakan untuk melestarikan tanaman langka.

e. Pengendalian Penyakit Tanaman

Kultur jaringan memungkinkan perbanyak tanaman bebas penyakit. Tanaman induk yang terinfeksi penyakit dapat digunakan sebagai sumber untuk kultur jaringan dengan mensterilkan jaringan yang sehat untuk menghindari kontaminasi penyakit. Ini sangat berguna dalam produksi tanaman yang bebas dari virus atau bakteri tertentu.

Aplikasi Kultur Jaringan pada Berbagai Jenis Tanaman

Kultur jaringan telah diaplikasikan dalam banyak jenis tanaman, baik tanaman hias, tanaman pangan, maupun tanaman industri. Berikut adalah beberapa contoh aplikasi kultur jaringan pada tanaman:

a. Tanaman Hias

Kultur jaringan digunakan untuk memperbanyak tanaman hias dalam jumlah besar, seperti anggrek, mawar, dan tanaman hias tropis lainnya. Teknik ini memungkinkan tanaman hias yang memiliki sifat unggul, seperti warna bunga atau bentuk daun yang menarik, untuk diperbanyak dengan cepat dan efisien.

b. Tanaman Perkebunan

Dalam industri perkebunan, kultur jaringan digunakan untuk memperbanyak tanaman unggul seperti kelapa sawit, karet, teh, dan kopi. Dengan menggunakan kultur jaringan, dapat diperoleh bibit tanaman yang bebas penyakit dan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap kondisi lingkungan yang kurang mendukung.

c. Tanaman Pangan

Beberapa tanaman pangan juga diperbanyak menggunakan kultur jaringan, seperti kentang, pisang, dan umbi-umbian lainnya. Pada tanaman kentang, kultur jaringan digunakan untuk menghasilkan bibit kentang yang sehat dan bebas penyakit seperti virus mosaik kentang. Kultur jaringan juga digunakan dalam produksi tanaman transgenik, yang dapat dimodifikasi secara genetik untuk menghasilkan sifat-sifat yang lebih unggul, seperti ketahanan terhadap hama atau penyakit.

d. Tanaman Hortikultura

Tanaman hortikultura seperti tomat, wortel, selada, dan bayam juga dapat diperbanyak melalui kultur jaringan. Teknik ini memungkinkan perbanyak dalam jumlah besar dan waktu yang lebih singkat, yang menguntungkan bagi para petani yang ingin memproduksi bibit dalam jumlah banyak dengan biaya yang lebih rendah.



Metode Melipatgandakan Tanaman-jagadtani.com

Teknologi Lanjutan dalam Kultur Jaringan

Dengan kemajuan teknologi biologi, kultur jaringan juga telah mengalami berbagai inovasi dan peningkatan, seperti rekayasa genetika, kloning tanaman, dan pengembangan tanaman transgenik. Melalui teknik ini, para ilmuwan dapat memperkenalkan sifat-sifat unggul ke dalam tanaman tanpa perlu menunggu proses pemuliaan tradisional yang lebih lama.

a. Rekayasa Genetika dan Kultur Jaringan

Kultur jaringan digunakan untuk mengintroduksi gen baru ke dalam tanaman dengan tujuan meningkatkan ketahanan terhadap hama, penyakit, atau bahkan ketahanan terhadap perubahan iklim. Tanaman yang telah dimodifikasi secara genetik ini dapat diperbanyak melalui kultur jaringan dengan cara yang lebih cepat dan efisien.

b. Kloning Tanaman

Kultur jaringan memungkinkan kloning tanaman dengan menumbuhkan tanaman dari satu sel atau jaringan tanaman induk. Proses ini menghasilkan tanaman yang memiliki identik genetik dengan induknya, yang berguna dalam menghasilkan tanaman dengan sifat unggul yang sama.

Rintangan dalam Penerapan Kultur Jaringan

Meskipun kultur jaringan menawarkan banyak manfaat, teknik ini juga memiliki beberapa tantangan, antara lain:

a. Biaya Produksi yang Tinggi

Proses kultur jaringan memerlukan peralatan khusus, media yang terkendali, serta tenaga ahli yang terlatih, yang menyebabkan biaya produksinya cukup tinggi. Namun, dengan meningkatnya teknologi dan pengalaman dalam bidang ini, biaya ini diharapkan dapat terus menurun.

b. Kontaminasi

Kultur jaringan memerlukan kondisi yang sangat steril untuk mencegah infeksi oleh mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Kontaminasi dapat menyebabkan kerugian besar dalam produksi tanaman karena tanaman yang terkontaminasi tidak dapat dipasarkan.

c. Tingkat Keberhasilan yang Variatif

Keberhasilan kultur jaringan tidak selalu terjamin, terutama dalam memperbanyak tanaman yang lebih sulit untuk berkembang biak melalui teknik ini, seperti tanaman yang memiliki tingkat regenerasi rendah atau tanaman dengan genetik yang sulit direplikasi.

Contoh Soal

Kultur jaringan pada tumbuhan digunakan untuk memperbanyak tanaman. Apa keuntungan utama dari memperbanyak tanaman melalui kultur jaringan?

Jawaban Benar: Menghasilkan banyak tanaman dengan sifat genetik yang seragam dan bebas penyakit.

Penjelasan:

Kultur jaringan memungkinkan memperbanyak tanaman secara massal dengan menghasilkan banyak tanaman yang memiliki sifat genetik yang seragam dan bebas dari penyakit. Hal ini sangat bermanfaat dalam produksi bibit tanaman berkualitas tinggi.



Biologipedia

Kultur Jaringan pada Tumbuhan

- ▷ Hampir semua pisang yang kita makan saat ini, terutama jenis Cavendish, berasal dari teknik kultur jaringan. Karena pisang ini tidak memiliki biji yang bisa tumbuh secara alami, mereka diperbanyak di laboratorium dan ditanam di seluruh dunia!
- ▷ Kultur jaringan bisa memulai pertumbuhan tanaman hanya dari satu sel mikroskopis—bahkan yang lebih kecil dari sebutir debu! Dari satu bagian kecil ini, tanaman baru bisa tumbuh menjadi ratusan hingga ribuan tanaman yang identik.



Kegiatan Praktikum 2

Judul Praktikum: Memanfaatkan Limbah Organik menjadi Bioplastik Ramah Lingkungan

Tujuan Praktikum:

- 1) Mengamati pemanfaatan bahan alami (kulit pisang) untuk membuat produk bioteknologi.
- 2) Menganalisis penerapan bioteknologi dalam pengolahan limbah organik.
- 3) Menilai dampak positif bioteknologi terhadap lingkungan.

Alat dan Bahan:

- 1) Kulit pisang matang (3–5 buah)
- 2) Air (200 ml)
- 3) Cuka (5 ml)
- 4) Tepung maizena (20 gram)
- 5) Glycerin (opsional, 5 ml – untuk elastisitas)
- 6) Blender
- 7) Wajan dan kompor
- 8) Sendok kayu dan cetakan plastik

Langkah-Langkah:

- 1) Potong kecil kulit pisang, lalu blender bersama air hingga halus.
- 2) Tuang hasil blender ke dalam wajan.
- 3) Tambahkan tepung maizena, cuka, dan glycerin (jika ada).
- 4) Aduk campuran di atas api kecil hingga mengental seperti adonan.
- 5) Tuang adonan ke dalam cetakan plastik, ratakan.
- 6) Jemur atau diamkan di tempat kering selama $\pm 1-2$ hari hingga mengeras.

Pertanyaan Refleksi:

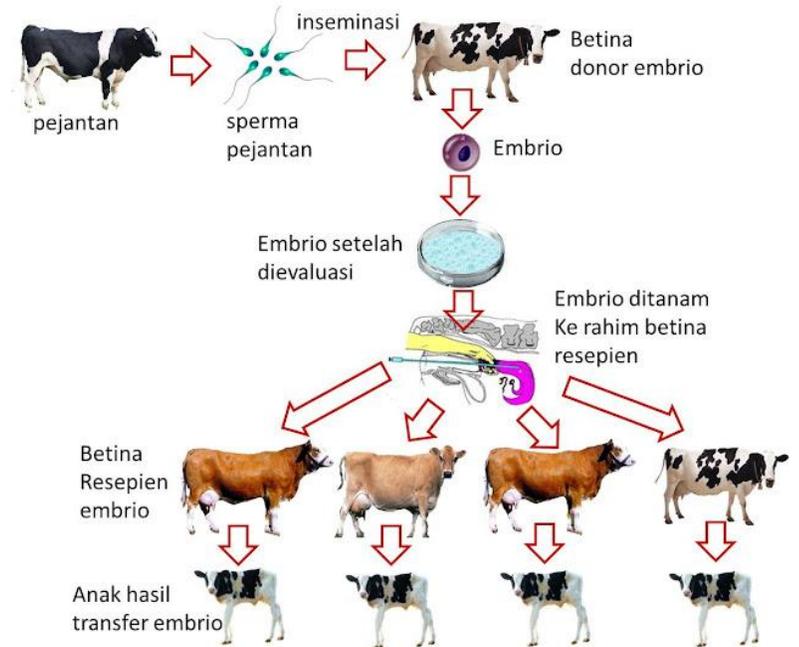
- 1) Mengapa kulit pisang bisa dijadikan bioplastik?
- 2) Apa keuntungan bioplastik dibandingkan plastik biasa?
- 3) Apa tantangan dalam penerapan bioteknologi seperti ini di masyarakat?



5. Teknik Kloning Pada Spesies Hewan

Kloning adalah proses untuk menciptakan individu baru yang memiliki materi genetik identik dengan individu yang ada. Teknik ini mengandalkan kemampuan untuk memanipulasi materi genetik (DNA) dan sel-sel tubuh guna menghasilkan organisme dengan sifat yang sangat mirip atau identik dengan organisme sumbernya. Dalam dunia bioteknologi, kloning pada hewan sangat menarik karena dapat digunakan untuk memperbaiki sifat genetik, menghasilkan organisme transgenik, dan mengatasi masalah kelangkaan spesies. Meskipun begitu, kloning juga menimbulkan perdebatan etis dan potensi risiko yang harus dipertimbangkan secara hati-hati.

Terdapat dua jenis kloning yang umum dilakukan pada hewan, yaitu kloning embrio dan kloning transfer inti, yang masing-masing memiliki teknik dan aplikasi yang berbeda.



Transfer Embrio pada Ternak Sapi-mleweweng.bg.com

Kloning Embrio

Kloning embrio adalah teknik yang melibatkan pemisahan **sel embrio** pada tahap awal perkembangan untuk menghasilkan individu-individu yang identik secara genetik. Dalam proses ini, sebuah **embrio** yang masih terdiri dari beberapa sel awal dibagi menjadi dua atau lebih bagian, dengan setiap bagian berkembang menjadi organisme baru.

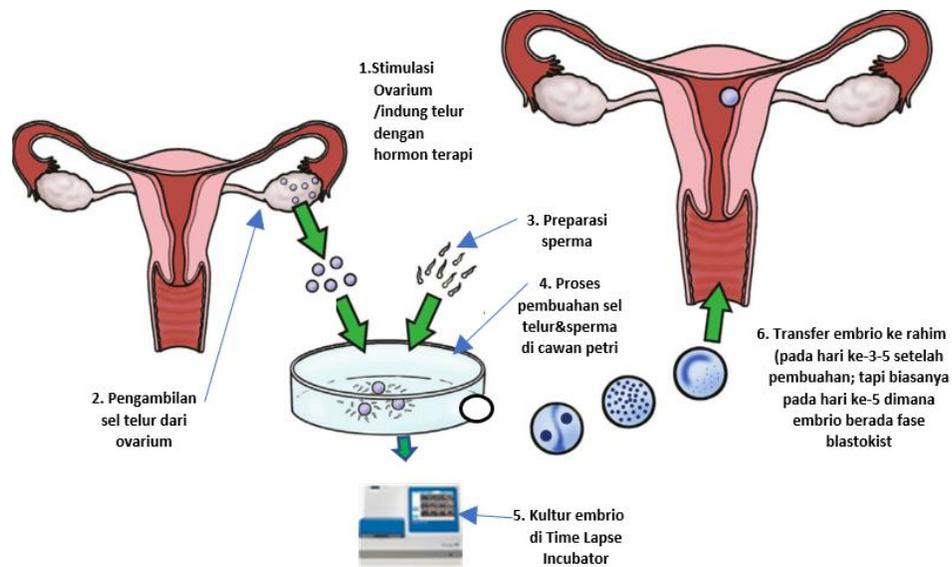
a. Proses Kloning Embrio

Proses ini dimulai dengan mengambil sel telur dari individu yang ingin dikloning. Sel telur ini kemudian dikosongkan dari inti selnya, sehingga hanya menyisakan sitoplasma. Selanjutnya, sel somatik dari individu yang ingin dikloning, misalnya sel kulit, diambil dan dimasukkan ke dalam sel telur yang telah dikosongkan inti tersebut. Sel telur yang sudah berisi inti sel somatik kemudian dipicu untuk membelah dan berkembang menjadi embrio.

Pada tahap ini, sel-sel embrio dapat dipisahkan dengan hati-hati menjadi beberapa bagian, dan setiap bagian kemudian berkembang menjadi individu yang identik secara genetik dengan organisme donor. Proses ini umumnya digunakan untuk memperbanyak hewan dengan sifat unggul, seperti sapi perah dengan produksi susu tinggi atau domba dengan kualitas wol yang baik. Salah satu contoh keberhasilan kloning embrio pada hewan adalah domba Dolly, yang merupakan hewan pertama yang dikloning dari sel dewasa menggunakan teknik kloning inti.

b. Kloning embrio pada manusia (Bayi Tabung)

Bayi tabung adalah teknik perawatan kesuburan yang digunakan untuk membantu pasangan yang mengalami kesulitan dalam memiliki anak. Dalam prosedur ini, sel telur wanita dan sel sperma pria disatukan di luar tubuh (dalam laboratorium) untuk membentuk embrio, yang kemudian ditanamkan kembali ke dalam rahim wanita dengan tujuan untuk mengembangkan kehamilan. Teknik ini dikenal dengan istilah *In Vitro Fertilization (IVF)*, yang berarti fertilisasi di luar tubuh.



Tahapan Bayi Tabung-hfcmedan.id

▷ Proses Bayi Tabung

Prosedur bayi tabung dimulai dengan stimulasi ovarium, di mana wanita diberikan hormon untuk merangsang ovarium agar menghasilkan lebih dari satu sel telur. Sel telur yang matang kemudian diambil melalui prosedur yang disebut aspirasi folikel, yang dilakukan dengan menggunakan jarum halus yang dimasukkan ke dalam ovarium melalui vagina. Setelah itu, sel sperma pria diambil, dan fertilisasi dilakukan di luar tubuh dengan mencampurkan sel telur dengan sperma dalam media kultur. Dalam beberapa kasus, injeksi sperma *intracytoplasmic* (ICSI) digunakan, di mana satu sel sperma disuntikkan langsung ke dalam sel telur untuk memastikan fertilisasi.

Setelah beberapa hari, embrio yang telah berkembang diamati untuk menilai kualitasnya. Salah satu atau beberapa embrio yang terbaik kemudian dipilih dan dipindahkan ke dalam rahim wanita untuk proses kehamilan lebih lanjut. Sebagian besar wanita mengalami kehamilan setelah prosedur bayi tabung, meskipun tingkat keberhasilan dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti usia wanita dan kualitas sel telur atau sperma yang digunakan.

▷ Aplikasi dan Keuntungan Bayi Tabung

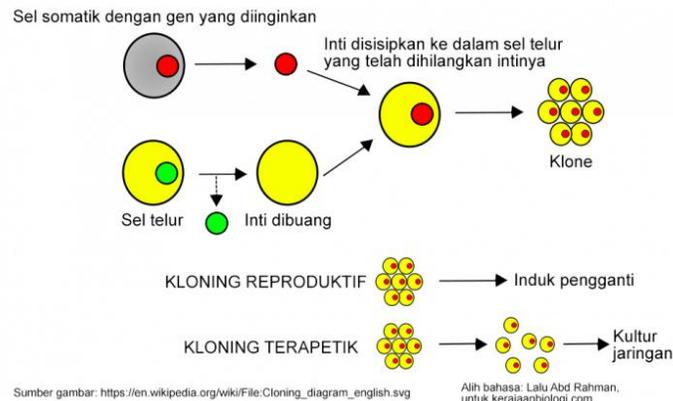
Bayi tabung digunakan untuk mengatasi berbagai masalah kesuburan, seperti saluran tuba yang tersumbat, gangguan ovulasi, infertilitas pria, dan pasangan yang mengalami keguguran berulang. IVF juga digunakan dalam pengobatan kesuburan dengan teknologi untuk pasangan dengan gangguan genetik, yang memungkinkan untuk memilih embrio yang bebas dari penyakit genetik melalui teknik diagnosis genetik pre-implantasi (PGD).

Keuntungan utama dari bayi tabung adalah kemampuan untuk mengatasi masalah kesuburan yang tidak bisa diatasi dengan cara alami. Teknik ini juga memungkinkan pasangan yang sebelumnya tidak dapat memiliki anak secara alami untuk mengembangkan keluarga mereka. Selain itu, IVF memungkinkan pemilihan embrio yang lebih sehat dan bebas dari penyakit genetik tertentu.

Kloning Transfer Inti

Kloning transfer inti adalah teknik yang lebih canggih di mana inti sel dari individu yang ingin dikloning dipindahkan ke dalam sel telur yang telah dikosongkan intinya. Proses ini memungkinkan penciptaan individu yang memiliki salinan identik genetik dari organisme donor.

TRANSPLANTASI INTI / KLONING INTI



Tahapan Kloning Inti-Kerajaanbiologi.com

a. Proses Kloning Transfer Inti

Proses kloning transfer inti dimulai dengan pengambilan sel telur dari donor, yang kemudian dihilangkan intinya. Setelah itu, inti sel somatik (sel tubuh yang bukan sel reproduksi) dari individu yang ingin dikloning diambil, dan dimasukkan ke dalam sel telur yang telah dikosongkan intinya. Sel telur yang berisi inti sel somatik ini kemudian diberikan stimulasi listrik untuk memulai proses pembelahan sel. Sel telur yang berhasil berkembang akan menjadi embrio yang memiliki materi genetik identik dengan individu donor.

Kloning transfer inti ini pertama kali berhasil dilakukan pada tahun 1996 dengan kelahiran domba Dolly, yang menjadi hewan pertama yang berhasil dikloning dari sel somatik dewasa. Teknik ini membuka kemungkinan untuk memperbanyak hewan dengan sifat-sifat unggul atau memperkenalkan gen baru untuk penelitian ilmiah.

b. Aplikasi Kloning pada Hewan

Kloning pada hewan memiliki berbagai aplikasi, terutama dalam bidang pertanian, kesehatan, dan konservasi. Beberapa aplikasi utama kloning pada hewan adalah sebagai berikut:

▷ Perbanyak Hewan dengan Sifat Unggul

Kloning memungkinkan perbanyak hewan dengan sifat unggul secara genetik. Misalnya, dalam industri peternakan, kloning dapat digunakan untuk menghasilkan sapi perah dengan produksi susu lebih tinggi, atau domba yang menghasilkan wol berkualitas lebih baik. Dengan menggunakan teknik kloning, peternak dapat memperoleh hewan dengan kualitas genetik yang sudah terjamin.

▷ Pengembangan Hewan Transgenik

Kloning juga digunakan untuk menghasilkan hewan transgenik yang dapat mengandung gen dari spesies lain. Misalnya, dalam penelitian medis, kloning digunakan untuk menghasilkan hewan yang memiliki gen manusia untuk memproduksi protein terapeutik atau antibodi yang digunakan dalam pengobatan penyakit. Kloning memungkinkan pengembangan hewan model yang digunakan untuk studi penyakit tertentu, seperti penyakit Alzheimer atau diabetes.

▷ Konservasi Spesies Terancam Punah

Salah satu aplikasi potensial kloning pada hewan adalah untuk melestarikan spesies yang terancam punah. Kloning dapat digunakan untuk menghasilkan individu baru dari spesies yang telah hampir punah atau yang memiliki jumlah populasi yang sangat kecil. Misalnya, sampel sel yang diawetkan dari spesies langka dapat digunakan untuk mengkloning hewan baru, meskipun teknik ini masih dalam tahap penelitian dan pengembangan.

▷ Penelitian Terapi Gen dan Rekayasa Genetik

Kloning digunakan dalam penelitian terapi gen, di mana hewan yang dikloning digunakan untuk menguji efek dari perubahan genetik atau pengobatan genetik pada penyakit. Kloning juga memungkinkan pengembangan hewan dengan kondisi genetik tertentu yang digunakan dalam penelitian untuk menemukan obat baru atau terapi untuk penyakit manusia.

c. Domba Dolly

Domba Dolly adalah hewan pertama yang berhasil dikloning menggunakan teknik transfer inti sel somatik pada tahun 1996 oleh tim ilmuwan dari Roslin Institute di Skotlandia, yang dipimpin oleh Ian Wilmut. Dolly menjadi sangat terkenal karena dia adalah domba pertama yang dihasilkan dari sel tubuh dewasa, bukan dari sel telur yang dibelah atau embrio yang dipisahkan, yang sebelumnya merupakan satu-satunya metode yang digunakan dalam kloning.

▷ Proses Penciptaan Domba Dolly

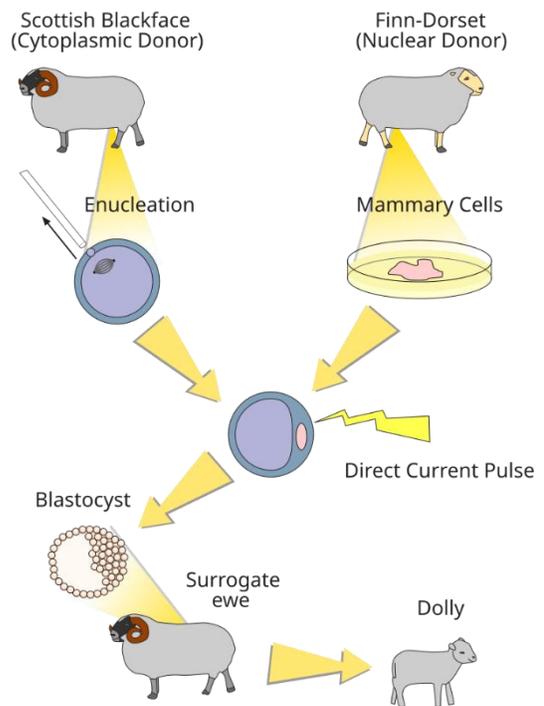
Proses penciptaan Dolly dimulai dengan mengambil sel mammary (payudara) dari domba dewasa betina, yaitu domba Finn Dorset. Sel mammary ini kemudian dipindahkan ke dalam sel telur yang diambil dari domba jenis lain yang memiliki inti sel yang telah dihilangkan. Setelah itu, sel telur yang berisi inti sel dari domba Finn Dorset diberi stimulasi listrik untuk memicu pembelahan sel dan perkembangan embrio.

Embrio yang terbentuk kemudian ditanamkan ke dalam rahim domba pengganti (surrogate mother), dan hasilnya adalah Dolly, yang lahir pada tanggal 5 Juli 1996. Dolly memiliki materi genetik identik dengan domba donor yang sel tubuhnya diambil (yaitu, domba Finn Dorset), meskipun Dolly lahir dari domba jenis lain. Dolly menunjukkan bahwa sel tubuh dewasa masih memiliki potensi untuk membentuk individu yang lengkap melalui kloning, yang sebelumnya dipandang sebagai hal yang sangat sulit.

▷ Keberhasilan dan Dampak Domba Dolly

Keberhasilan penciptaan Dolly membawa terobosan besar dalam dunia bioteknologi dan kloning hewan, serta memberikan bukti bahwa sel tubuh dewasa mengandung informasi genetik yang cukup untuk menghasilkan individu baru. Dolly menjadi simbol penting dalam penelitian bioteknologi karena dia membuka jalan bagi teknik kloning yang dapat digunakan untuk penelitian medis dan pertanian.

Selain itu, Dolly juga menandai awal dari era rekayasa genetika yang lebih luas, di mana teknik kloning digunakan untuk menghasilkan hewan dengan sifat genetik yang diinginkan, termasuk hewan transgenik yang digunakan untuk memproduksi protein terapeutik. Dolly memberikan harapan untuk memperbanyak hewan dengan karakteristik unggul dalam bidang peternakan, serta membuka pintu untuk penelitian mengenai penyakit genetik, terapi gen, dan kloning manusia (meskipun kloning manusia belum legal atau diterima secara luas).



Proses Domba Dolly-Wikipedia.com

▷ Kesehatan dan Masalah yang Dihadapi Dolly

Meskipun Dolly menjadi simbol kesuksesan dalam dunia kloning, perjalanan hidupnya tidak sepenuhnya tanpa masalah. Dolly dilahirkan melalui teknik yang memiliki tingkat keberhasilan rendah, dengan hanya satu dari 277 percobaan yang menghasilkan kelahiran hidup. Selain itu, Dolly mengalami beberapa masalah kesehatan yang cukup serius, yang kemudian menjadi titik perdebatan dalam studi kloning. Dolly, meskipun terlahir dengan umur genetik yang lebih muda, mulai menunjukkan tanda-tanda penuaan dini pada usia empat tahun, termasuk masalah kesehatan yang tidak biasa untuk usia yang relatif muda, seperti penyakit artritis dan kanker paru-paru.

Pada usia 6 tahun, Dolly akhirnya mati akibat penyakit poliartritis (radang sendi) yang disebabkan oleh penuaan dini, yang membuat para ilmuwan bertanya-tanya apakah teknik kloning membawa efek samping kesehatan jangka panjang yang lebih buruk bagi hewan yang dikloning. Dolly juga mengalami penuaan lebih cepat dibandingkan dengan domba biasa, yang mengarah pada pertanyaan apakah sel somatik dewasa yang digunakan untuk kloning mungkin mempengaruhi umur panjang individu yang dihasilkan.

d. Tantangan dan Isu Etika dalam Kloning Hewan

Meskipun kloning menawarkan potensi besar, ada berbagai tantangan teknis dan isu etika yang perlu dipertimbangkan:

▷ Keberhasilan dan Efisiensi

Teknik kloning pada hewan memiliki tingkat keberhasilan yang rendah, dan sering kali membutuhkan banyak percobaan untuk menghasilkan satu individu yang berhasil. Selain itu, hewan yang dikloning sering kali memiliki masalah kesehatan dan umur yang lebih pendek dibandingkan dengan hewan normal.

▷ Masalah Etika

Kloning hewan menimbulkan pertanyaan etis, terutama terkait dengan kesejahteraan hewan yang terlibat dalam proses ini. Banyak orang menganggap bahwa proses kloning pada hewan dapat menimbulkan penderitaan bagi hewan yang dikloning, dan beberapa orang merasa bahwa kloning hewan melanggar hak-hak dasar makhluk hidup.

▷ Potensi Penyalahgunaan

Ada juga kekhawatiran tentang potensi penyalahgunaan teknologi kloning, terutama dalam bidang industri dan pertanian, yang dapat memicu masalah seperti monopolistik dalam produksi hewan atau pengurangan keragaman genetik.

▷ Biaya yang Tinggi

Proses kloning hewan, terutama kloning transfer inti, memerlukan biaya yang sangat tinggi karena penggunaan peralatan canggih, serta tingginya tingkat kegagalan dalam percobaan. Ini membatasi penggunaan teknik ini di luar penelitian ilmiah dan aplikasi terbatas pada industri tertentu.

Contoh Soal

Apa salah satu tantangan utama yang dihadapi dalam kloning hewan, terutama pada tingkat kesehatan individu yang dikloning?

- A. Kloning menghasilkan hewan yang lebih tahan terhadap perubahan cuaca.
- B. Individu yang dikloning cenderung memiliki kesehatan yang lebih buruk dan usia yang lebih pendek.
- C. Kloning hanya dapat dilakukan pada tanaman dan bukan hewan.
- D. Individu yang dikloning lebih cepat tumbuh dan berkembang.
- E. Proses kloning tidak mempengaruhi kualitas hidup hewan yang dikloning.

Jawaban Benar: B. Individu yang dikloning cenderung memiliki kesehatan yang lebih buruk dan usia yang lebih pendek.

Penjelasan:

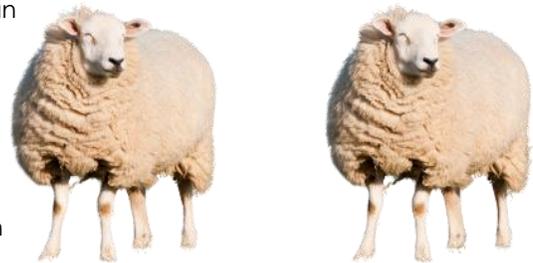
Hewan yang dikloning sering kali mengalami kesehatan yang lebih buruk dan lebih rentan terhadap penyakit atau gangguan fisik. Sebagai contoh, domba Dolly mengalami penuaan dini dan berbagai masalah kesehatan sebelum akhirnya mati lebih muda dari usia rata-rata domba.



Biologipedia

Kloningan pada Hewan

- ▷ Domba Dolly adalah hewan pertama yang dikloning dari sel tubuh dewasa, yang memecahkan paradigma se sebelumnya bahwa kloning hanya mungkin dilakukan pada embrio.
- ▷ Kloning hewan memungkinkan pengembangan hewan dengan sifat yang konsisten, seperti sapi dengan produksi susu tinggi atau domba dengan kualitas wol yang lebih baik.
- ▷ Dalam dunia medis, kloning manusia masih sangat kontroversial, tetapi teknik terapi sel punca (stem cell therapy) menawarkan harapan baru untuk menyembuhkan penyakit genetik.





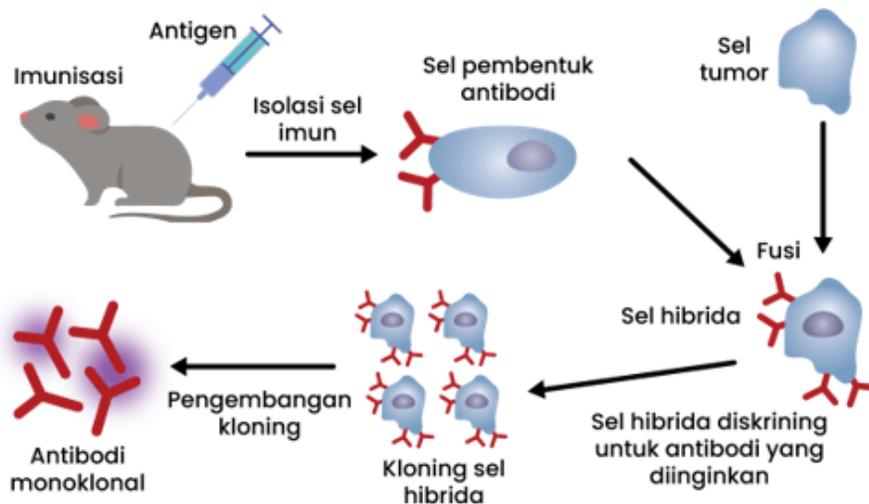
6. Rekayasa Genetika

Rekayasa genetika adalah proses modifikasi DNA organisme secara terarah untuk menghasilkan sifat tertentu, seperti ketahanan terhadap penyakit, peningkatan hasil pertanian, atau produksi protein terapeutik. Sebagai cabang bioteknologi yang berkembang pesat, teknik ini berkontribusi dalam bidang pertanian, kesehatan, dan industri. Ilmuwan dapat memasukkan, menghapus, atau mengganti gen tanpa bergantung pada pemuliaan alami yang lama. Beberapa teknik utama dalam rekayasa genetika meliputi kloning gen, rekombinasi DNA, dan transfer gen. Berikut adalah penjelasan lebih rinci mengenai rekayasa genetika dan beberapa teknik yang digunakan:

Fusi Sel

Fusi sel adalah proses penggabungan dua sel yang berbeda secara fisik untuk membentuk sel tunggal yang memiliki sifat gabungan dari kedua sel tersebut. Proses ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, baik secara alami oleh organisme atau secara buatan dalam laboratorium. Fusi sel digunakan dalam berbagai aplikasi bioteknologi, termasuk pembuatan antibodi monoklonal, pengembangan spesies baru, penelitian genetika, dan produksi produk terapeutik.

Pada dasarnya, fusi sel memungkinkan penciptaan sel-sel hibrida yang menggabungkan karakteristik dari dua sel induk yang berbeda. Teknik ini melibatkan dua komponen penting: sel yang akan digabungkan dan peralatan atau bahan kimia untuk memfasilitasi penggabungan sel. Fusi sel memungkinkan ilmuwan untuk mengeksplorasi potensi sel-sel dalam berbagai konteks biologis dan medis.



Tahapan Pembentukan Antibodi Monoklonal-ruangguru.com

a. Pemanfaatan Hibridoma dalam Pembuatan Antibodi Monoklonal

Hibridoma adalah sel yang terbentuk akibat fusi antara sel limfosit B yang menghasilkan antibodi dan sel mieloma (sel kanker) yang memiliki kemampuan berkembang biak tak terbatas. Sel hibridoma yang dihasilkan memiliki dua kemampuan utama: pertama, mereka dapat menghasilkan antibodi spesifik yang diperlukan dalam pengobatan atau diagnosis, dan kedua, mereka dapat berkembang biak tanpa batas dalam kultur sel. Hibridoma adalah sel yang terbentuk dari hasil fusi antara sel limfosit B (sel yang menghasilkan antibodi) dengan sel mieloma (sel kanker yang dapat berkembang biak tanpa batas). Proses fusi ini menghasilkan sel hibrida yang memiliki dua kemampuan penting: pertama, kemampuan untuk menghasilkan antibodi spesifik terhadap antigen tertentu, dan kedua, kemampuan berkembang biak tanpa batas, yang memungkinkan produksi antibodi dalam jumlah besar dan stabil.

Antibodi monoklonal yang dihasilkan oleh hibridoma memiliki kemurnian tinggi dan spesifitas tinggi terhadap satu jenis antigen tertentu. Hal ini menjadikannya sangat berguna dalam diagnosis penyakit, terapi kanker, penyakit autoimun, serta penelitian biomedis. Sebagai contoh, antibodi monoklonal telah digunakan untuk mendeteksi penanda tumor dalam tes diagnostik, terapi kanker dengan mengarahkan antibodi langsung ke sel kanker untuk menghancurkannya, dan vaksinasi untuk penyakit infeksi tertentu. Selain itu, antibodi monoklonal juga banyak digunakan dalam penelitian untuk mempelajari mekanisme penyakit, memetakan interaksi protein, serta mengembangkan produk terapeutik yang lebih efektif.

Proses pembuatan antibodi monoklonal melalui fusi sel hibridoma telah merevolusi cara kita mengatasi berbagai penyakit, memberikan alternatif pengobatan yang lebih spesifik dan mengurangi efek samping yang sering ditimbulkan oleh pengobatan konvensional.

b. Pemanfaatan Hibridoma dalam Pemetaan Kromosom

Sel hibridoma juga memiliki aplikasi penting dalam pemetaan kromosom dan penelitian genetika molekuler. Dalam pemetaan kromosom, hibridoma dapat digunakan untuk membuat sel-sel yang mengandung kromosom tertentu dari spesies yang berbeda. Dengan menggabungkan sel dari dua spesies berbeda (misalnya, sel manusia dan sel hewan), ilmuwan dapat mempelajari interaksi genetik antara spesies tersebut dan melacak sifat-sifat genetik tertentu dalam kromosom.

Sel hibridoma dapat digunakan untuk menghasilkan model hewan yang digunakan dalam penelitian penyakit atau pengembangan obat. Dengan memanfaatkan hibridoma, ilmuwan dapat memetakan gen yang terlibat dalam penyakit atau kondisi tertentu, seperti kanker, penyakit jantung, atau gangguan genetik lainnya. Pemahaman tentang pemetaan kromosom ini sangat penting dalam dunia medis untuk diagnosis penyakit genetik dan pengembangan terapi gen yang dapat mengubah cara kita merawat penyakit genetik atau meningkatkan kemampuan tubuh untuk melawan penyakit.

c. Hibridoma Memungkinkan Terbentuknya Spesies Baru

Fusi sel juga memungkinkan terbentuknya spesies baru atau organisme hibrida dengan menggabungkan genetik dari dua spesies yang berbeda. Proses ini dapat menghasilkan spesies dengan sifat unggul dari kedua spesies tersebut. Salah satu aplikasi dari teknologi ini adalah dalam pemuliaan tanaman dan hewan, di mana hibridoma digunakan untuk menghasilkan tanaman hibrida atau hewan transgenik yang memiliki kombinasi sifat-sifat yang lebih baik dibandingkan dengan spesies induknya.

Sebagai contoh, dalam bidang pertanian, fusi sel digunakan untuk mengembangkan tanaman hibrida yang lebih tahan terhadap hama, cuaca ekstrem, atau penyakit. Dalam bidang peternakan, fusi sel dapat digunakan untuk menghasilkan hewan hibrida yang memiliki kualitas genetik unggul, seperti sapi yang lebih tahan terhadap penyakit atau ayam yang menghasilkan lebih banyak telur. Selain itu, hibridoma juga digunakan untuk menghasilkan hewan dengan sifat-sifat yang dimodifikasi secara genetik, seperti sapi perah yang lebih efisien atau ternak yang dapat menghasilkan lebih banyak produk pangan. Proses ini memungkinkan penggabungan sifat-sifat unggul dari dua spesies yang berbeda untuk menciptakan organisme yang lebih bermanfaat dalam konteks pertanian dan peternakan.

Rekombinasi DNA

Rekombinasi DNA adalah proses menggabungkan potongan-potongan DNA dari dua atau lebih sumber yang berbeda untuk menghasilkan kombinasi genetik baru yang tidak ada secara alami. Proses ini memungkinkan ilmuwan untuk memodifikasi DNA secara terarah dan menghasilkan organisme yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan. Teknik rekombinasi DNA digunakan dalam bioteknologi, pertanian, kedokteran, dan industri, dengan tujuan untuk menghasilkan organisme transgenik, produksi protein terapeutik, serta untuk penelitian genetika.

Rekombinasi DNA memerlukan beberapa teknik dasar, yang di antaranya adalah pemisahan, pemotongan, dan penyambungan fragmen DNA. Untuk memahami rekombinasi DNA lebih lanjut, kita akan membahas beberapa proses kunci yang terlibat, yaitu metode untuk memperoleh gen, enzim pemotong dan penyambung DNA, serta penggunaan sel wadah dan vektor.

a. Metode untuk Mendapatkan Gen

Untuk melakukan rekombinasi DNA, langkah pertama adalah memperoleh gen yang ingin dimasukkan ke dalam organisme lain. Ada beberapa metode untuk memperoleh gen, yaitu:

▷ **Isolasi Gen dari Organisme**

Gen yang ingin dimasukkan ke dalam sel penerima diisolasi dari organisme sumber. Salah satu teknik yang paling umum digunakan untuk mengisolasi gen adalah Polymerase Chain Reaction (PCR). PCR adalah teknik yang memungkinkan ilmuwan untuk menggandakan segmen DNA tertentu dalam jumlah besar. Dengan menggunakan primer yang sesuai, PCR dapat menyalin gen tertentu dari DNA organisme sumber sehingga tersedia dalam jumlah banyak untuk digunakan dalam eksperimen lebih lanjut.

▷ **Sintesis Gen Secara Kimia**

Selain mengisolasi gen dari organisme, ilmuwan juga dapat mensintesis gen secara kimia. Dengan kemajuan teknologi, kini dimungkinkan untuk merakit gen secara sintetik di laboratorium menggunakan bahan-bahan dasar seperti nukleotida (asam amino) yang sesuai dengan urutan gen yang diinginkan. Sintesis gen ini sangat berguna dalam menghasilkan gen yang tidak ada dalam alam atau untuk memodifikasi gen yang sudah ada agar sesuai dengan tujuan eksperimen.

b. Enzim Pemotong dan Penyambung DNA

Untuk melakukan rekombinasi DNA, ilmuwan menggunakan enzim-enzim tertentu untuk memotong dan menyambung fragmen DNA dengan tepat. Beberapa enzim utama yang digunakan dalam rekombinasi DNA adalah:

▷ **Enzim Restriksi (Pemotong DNA)**

Enzim restriksi adalah enzim yang digunakan untuk memotong DNA pada urutan tertentu yang dikenal oleh enzim tersebut. Enzim restriksi bekerja dengan cara memotong DNA pada tempat tertentu, menghasilkan potongan-potongan DNA yang dapat disisipkan atau dipindahkan ke dalam vektor lain. Setiap enzim restriksi mengenali urutan nukleotida tertentu dalam DNA dan memotongnya di lokasi tersebut. Ini sangat penting untuk menganalisis genetik dan memodifikasi gen karena memungkinkan pemotongan DNA yang sangat presisi.

▷ **Enzim Ligase (Penyambung DNA)**

Setelah DNA dipotong, enzim ligase digunakan untuk menyambungkan potongan DNA yang telah dipotong dengan enzim restriksi. Enzim ligase mengkatalisis penyambungan ikatan fosfodiester antara dua potongan DNA, sehingga memungkinkan fragmen DNA yang berbeda bergabung menjadi satu molekul DNA utuh. Ligase memungkinkan penyisipan gen ke dalam vektor DNA atau organisme inang, yang akan membawa gen baru tersebut ke dalam sel penerima.

c. Sel Wadah

Sel wadah (atau sel inang) adalah sel yang digunakan untuk menerima DNA yang telah dimodifikasi atau dipotong. Setelah rekombinasi DNA berhasil, DNA baru dimasukkan ke dalam sel wadah, yang akan berkembang biak dan menghasilkan produk atau sifat baru. Sel wadah yang digunakan dalam rekombinasi DNA biasanya adalah bakteri atau ragi. Dua contoh sel wadah yang sering digunakan adalah:

▷ **Bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*)**

Bakteri *E. coli* adalah organisme yang paling sering digunakan sebagai sel wadah dalam rekombinasi DNA. Bakteri ini berkembang biak dengan cepat, mudah dimodifikasi secara genetik, dan memiliki kemampuan untuk menghasilkan salinan DNA yang telah dimodifikasi. *E. coli* sering digunakan untuk mengkloning gen yang telah dipotong atau disintesis, dan kemudian menghasilkan protein atau produk lainnya yang diinginkan.

▷ ***Saccharomyces cerevisiae* (Ragi)**

Ragi adalah sel mikroorganisme eukariotik yang sering digunakan sebagai wadah untuk ekspresi gen yang lebih kompleks. Ragi digunakan dalam rekayasa genetika untuk menghasilkan produk yang lebih kompleks seperti hormon manusia atau enzim yang lebih rumit. Selain itu, ragi juga digunakan dalam produksi biokimia dan bioteknologi pangan.

d. Vektor Pembawa Gen Sisipan

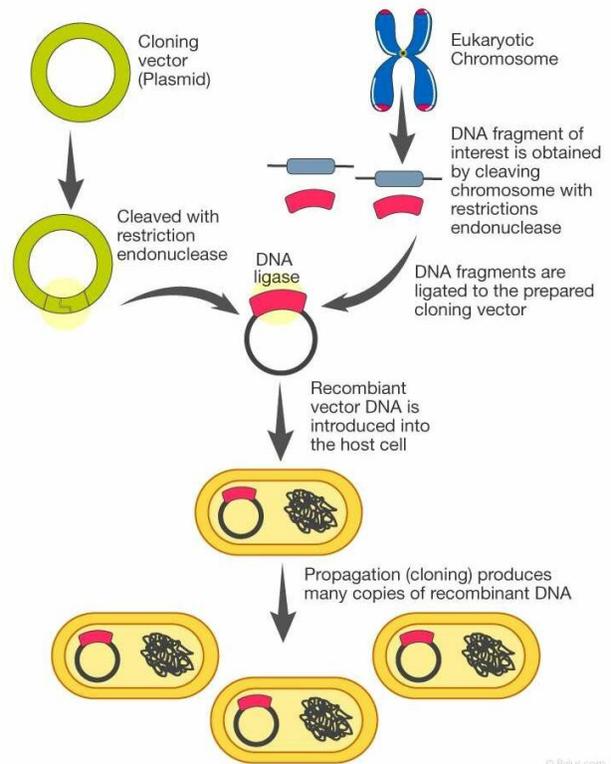
Vektor adalah molekul pembawa yang digunakan untuk memindahkan gen yang telah dimodifikasi atau disisipkan ke dalam sel penerima. Vektor sering kali digunakan untuk memperkenalkan gen baru ke dalam sel inang agar gen tersebut dapat diterima dan diekspresikan oleh sel tersebut. Beberapa jenis vektor yang sering digunakan dalam rekombinasi DNA adalah:

▷ **Plasmid**

Plasmid adalah molekul DNA berbentuk cincin yang ditemukan pada bakteri dan dapat membawa gen dari luar. Plasmid sering digunakan sebagai vektor untuk mentransfer gen ke dalam bakteri seperti *E. coli*. Plasmid dapat mengandung gen marker, seperti gen resistansi antibiotik, yang memungkinkan ilmuwan untuk memilih sel yang berhasil menerima gen baru.

▷ **Virus**

Virus juga dapat digunakan sebagai vektor untuk menyisipkan gen ke dalam sel inang. Dalam teknik ini, virus dimodifikasi sedemikian rupa agar dapat membawa gen yang diinginkan ke dalam sel tanpa menyebabkan penyakit. Misalnya, virus adenovirus atau retrovirus sering digunakan untuk terapi gen, di mana gen yang mengkode protein terapeutik disuntikkan ke dalam tubuh pasien untuk mengobati penyakit genetik.



Tahapan Pembuatan DNA Rekombinan-Researchgate.net

Contoh Soal

Bagaimana teknik rekombinasi DNA digunakan dalam produksi protein terapeutik seperti insulin?

- A. DNA manusia diambil dari tubuh dan langsung digunakan untuk membuat protein.
- B. Bakteri yang dimodifikasi genetiknya digunakan untuk memproduksi protein yang diinginkan, seperti insulin.
- C. Protein terapeutik dibuat dengan cara menyuntikkan gen ke dalam tubuh manusia.
- D. Insulin diproduksi oleh sel punca dalam tubuh manusia melalui teknik modifikasi genetik.
- E. Proses ini hanya digunakan untuk memproduksi antibodi monoklonal.

Jawaban Benar: B. Bakteri yang dimodifikasi genetiknya digunakan untuk memproduksi protein yang diinginkan, seperti insulin.

Penjelasan:

Dalam rekombinasi DNA, gen yang mengkode insulin manusia dimasukkan ke dalam bakteri E. coli yang dimodifikasi. Bakteri ini kemudian memproduksi insulin dalam jumlah besar, yang dapat dipanen dan digunakan untuk pengobatan diabetes.



Biologipedia

Rekayasa Genetika

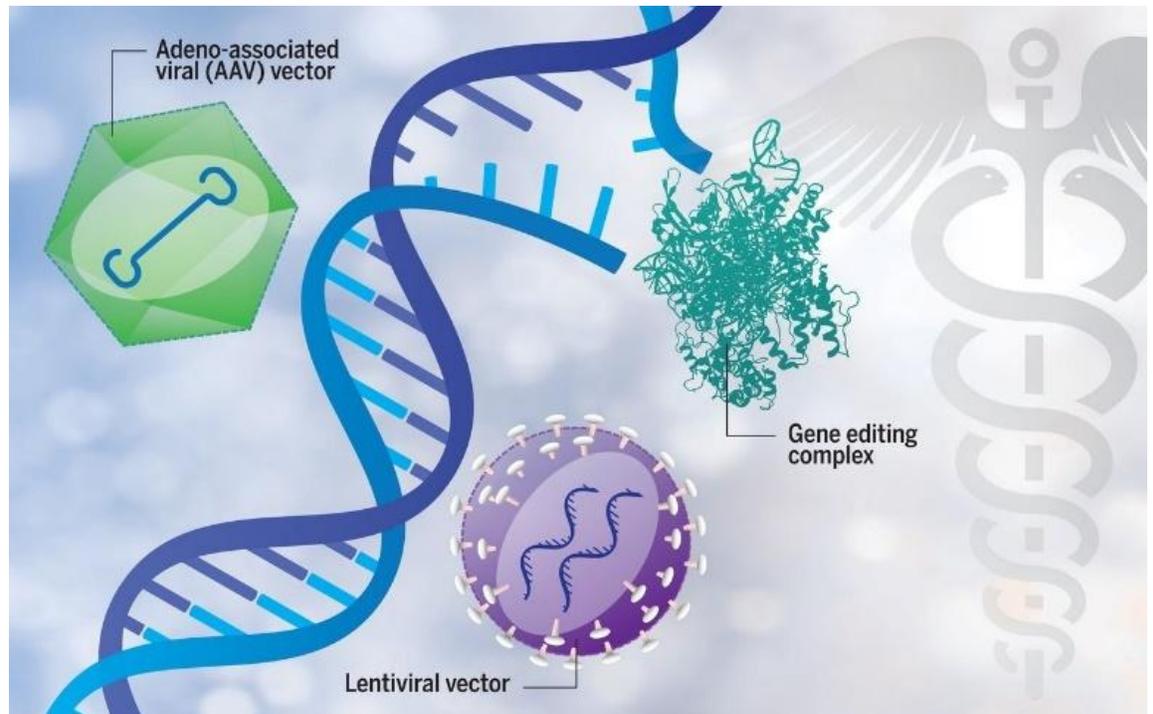
- ▷ CRISPR, salah satu teknologi rekayasa genetika terbaru, memungkinkan para ilmuwan untuk memotong dan menyisipkan gen dengan presisi yang sangat tinggi, bahkan dengan biaya yang lebih rendah.
- ▷ Tanaman transgenik seperti kapas Bt kini dapat menghasilkan proteksi alami terhadap serangga hama, mengurangi ketergantungan pada pestisida yang berbahaya bagi lingkungan.
- ▷ Rekayasa genetika telah membantu mengembangkan tanaman yang lebih kaya gizi, seperti padi emas yang mengandung vitamin A untuk membantu mengatasi masalah kebutuhan gizi global.





7. Penerapan Teknologi Rekayasa Genetika

Pemanfaatan rekayasa genetika memiliki berbagai aplikasi penting dalam bidang pertanian, kedokteran, industri, dan lingkungan. Berikut adalah beberapa pemanfaatan utama rekayasa genetika yang telah mengubah berbagai aspek kehidupan manusia:



Terapi Gen-science.org

Terapi Gen

Terapi gen adalah salah satu aplikasi medis paling signifikan dari rekayasa genetika. Terapi ini melibatkan penggantian atau perbaikan gen yang rusak atau hilang dalam tubuh manusia untuk mengobati atau mencegah penyakit genetik. Dengan teknologi terapi gen, ilmuwan dapat memperkenalkan salinan gen sehat ke dalam sel pasien untuk menggantikan gen yang bermasalah. Teknik ini menawarkan harapan besar dalam pengobatan berbagai penyakit yang sebelumnya sulit disembuhkan, seperti hemofilia, cystic fibrosis, dan penderita kanker.

a. Proses Terapi Gen

Terapi gen dapat dilakukan dengan menyuntikkan gen sehat langsung ke dalam tubuh pasien menggunakan vektor seperti virus yang telah dimodifikasi, atau memodifikasi sel-sel pasien di luar tubuh sebelum disuntikkan kembali. Salah satu contoh penerapan terapi gen adalah dalam pengobatan penyakit keturunan seperti sick cell anemia atau hemofilia, di mana gen yang bermasalah diganti dengan gen yang sehat agar tubuh pasien dapat memproduksi protein pembekuan darah yang normal.

Selain itu, terapi gen untuk kanker melibatkan pengenalan gen tertentu yang dapat membantu sistem kekebalan tubuh mengenali dan menghancurkan sel kanker. Misalnya, terapi CAR-T (*Chimeric Antigen Receptor T-cell therapy*) adalah salah satu bentuk terapi gen yang memberikan hasil positif dalam pengobatan kanker darah seperti leukemia dan limfoma.

b. Mekanisme Terapi Gen

Mekanisme terapi gen berfokus pada pengenalan gen yang sehat ke dalam tubuh pasien untuk memperbaiki atau menggantikan gen yang bermasalah. Prosesnya dimulai dengan mengidentifikasi gen yang rusak atau hilang dalam tubuh pasien, lalu menggantinya dengan salinan gen yang sehat. Salinan gen sehat ini dapat diperkenalkan melalui dua metode utama: *in vivo* (langsung ke dalam tubuh pasien) atau *ex vivo* (menggunakan sel pasien yang dimodifikasi di luar tubuh dan kemudian ditanamkan kembali).

Pada teknik *in vivo*, gen sehat diperkenalkan langsung ke dalam tubuh melalui vektor pembawa seperti virus yang dimodifikasi atau liposom (partikel lipid yang mengandung DNA). Vektor ini membawa gen baru ke dalam sel yang rusak, yang kemudian mengekspresikan gen tersebut untuk memperbaiki fungsi sel. Pada teknik *ex vivo*, sel pasien, seperti sel darah atau sel kulit, diambil dan dimodifikasi di laboratorium dengan gen sehat. Setelah itu, sel yang telah dimodifikasi ditanamkan kembali ke dalam tubuh pasien untuk menggantikan sel-sel yang rusak atau tidak berfungsi.

Dengan memperbaiki atau menggantikan gen yang rusak, terapi gen dapat meningkatkan fungsi sel, memperbaiki kondisi fisik pasien, dan bahkan mengobati atau menyembuhkan penyakit yang disebabkan oleh kelainan genetik.

Pengembangan Vaksin Baru

Rekayasa genetika juga memiliki peran besar dalam pembuatan vaksin rekombinan, yang telah menjadi solusi inovatif dalam pengembangan vaksin untuk penyakit infeksi. Vaksin rekombinan dibuat dengan memasukkan gen pengkode protein dari patogen, seperti virus atau bakteri, ke dalam sel inang (misalnya, bakteri atau ragi). Sel inang tersebut kemudian menghasilkan protein patogen yang dapat digunakan untuk merangsang sistem kekebalan tubuh manusia.

Misalnya, dalam pembuatan vaksin hepatitis B, gen pengkode protein HBsAg (protein permukaan virus hepatitis B) dimasukkan ke dalam sel *Saccharomyces cerevisiae* (ragi). Ragi tersebut kemudian menghasilkan protein HBsAg yang diproduksi dalam jumlah besar dan dimurnikan, lalu digunakan dalam vaksin untuk merangsang kekebalan tubuh tanpa menyebabkan infeksi. Keunggulan vaksin rekombinan adalah kemampuannya untuk menghasilkan vaksin yang lebih aman dan lebih efektif dibandingkan vaksin tradisional yang menggunakan virus yang dilemahkan atau inaktif.

Vaksin rekombinan telah digunakan untuk mengembangkan vaksin terhadap penyakit seperti hepatitis B, HPV (*Human Papillomavirus*), dan influenza. Teknologi ini juga membuka peluang untuk vaksin terhadap penyakit baru, seperti COVID-19, yang mengandalkan mRNA untuk memicu respons kekebalan tubuh tanpa menggunakan patogen yang hidup.

Pembentukan Organisme Transgenik

a. Tanaman Transgenik

Contoh utama dari organisme transgenik adalah tanaman transgenik yang memiliki ketahanan terhadap hama, herbisida, atau penyakit. Salah satu contoh yang paling terkenal adalah tanaman Bt cotton yang mengandung gen dari bakteri *Bacillus thuringiensis* yang menghasilkan protein toksik terhadap serangga hama. Tanaman ini secara alami menjadi tahan terhadap serangga penggerek kapas, mengurangi kebutuhan akan pestisida kimia dan meningkatkan hasil panen.

Selain itu, ada juga tanaman yang dimodifikasi untuk menghasilkan nilai gizi tambahan, seperti padi emas yang mengandung vitamin A dalam bentuk provitamin A (beta-karoten), untuk membantu mengatasi kekurangan vitamin A di negara berkembang. Tanaman transgenik dapat meningkatkan

ketahanan pangan dengan cara yang lebih berkelanjutan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Berikut adalah beberapa contoh pemanfaatan tanaman transgenik yang telah dikembangkan atau sedang dalam penelitian:

▷ **Tumbuhan Tahan Hama**

Salah satu jenis tanaman transgenik yang paling terkenal adalah tanaman yang tahan terhadap hama. Tanaman ini dimodifikasi untuk mengandung gen dari mikroorganisme seperti *Bacillus thuringiensis* (Bt), yang menghasilkan protein toksik terhadap serangga hama. Sebagai contoh, Bt cotton (kapas Bt) dan Bt corn (jagung Bt) telah dikembangkan untuk menghasilkan protein yang membunuh serangga penggerek kapas atau ulat pada jagung. Keuntungan utama dari tanaman ini adalah pengurangan penggunaan pestisida kimia, yang berpotensi merusak lingkungan dan kesehatan manusia.

▷ **Tumbuhan yang Dapat Memupuk Sendiri**



Tanaman transgenik juga telah dikembangkan untuk memiliki kemampuan memupuk diri melalui fiksasi nitrogen. Gen dari bakteri pengikat nitrogen seperti *Rhizobium* dimasukkan ke dalam tanaman untuk memungkinkan tanaman mengonversi nitrogen dari udara menjadi bentuk yang dapat digunakan sebagai pupuk. Salah satu contoh adalah tanaman kacang transgenik yang mampu mengikat nitrogen secara langsung dari atmosfer tanpa memerlukan pupuk nitrogen eksternal. Tanaman seperti ini sangat berguna dalam mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dan meningkatkan keberlanjutan pertanian, terutama di negara berkembang dengan keterbatasan akses terhadap pupuk.

Padi Emas-wikipedia.com

▷ **Tumbuhan yang Mengandung Gizi Tambahan**

Tanaman transgenik juga dapat dimodifikasi untuk meningkatkan kandungannya, seperti yang terlihat pada padi emas. Padi emas adalah tanaman yang dimodifikasi untuk mengandung provitamin A (beta-karoten), yang sangat penting untuk mencegah kebutaan pada anak-anak di negara berkembang. Selain padi emas, tanaman lain yang dimodifikasi untuk meningkatkan kandungan protein, vitamin, atau mineral juga sedang dikembangkan. Misalnya, tanaman jagung yang mengandung lebih banyak asam amino esensial atau vitamin D yang lebih tinggi dapat membantu mengatasi kekurangan gizi di banyak daerah di dunia.

▷ **Buah-Buahan yang Lebih Tahan untuk Disimpan**

Tanaman transgenik juga dapat dikembangkan untuk menghasilkan buah-buahan yang lebih tahan lama. Salah satu contoh yang paling terkenal adalah tomat Flavr Savr, yang dimodifikasi untuk memperlambat pematangan dengan mengurangi kandungan enzim yang menyebabkan proses pematangan. Tanaman ini memungkinkan tomat untuk bertahan lebih lama di pasar dan mengurangi pemborosan hasil pertanian. Selain itu, teknik yang sama telah diterapkan untuk buah-buahan lain, seperti pisang dan apel, yang dapat dipertahankan kualitasnya lebih lama selama distribusi dan penyimpanan.

▷ Tumbuhan Tahan Herbisida

Tanaman transgenik juga dapat dimodifikasi untuk tahan terhadap herbisida. Salah satu contoh yang paling populer adalah tanaman soya tahan herbisida (Roundup Ready soybeans) yang dimodifikasi untuk tahan terhadap herbisida glyphosate. Dengan tanaman ini, petani dapat menggunakan herbisida untuk mengendalikan gulma tanpa merusak tanaman itu sendiri. Hal ini memberikan keuntungan besar dalam pengelolaan gulma dan memungkinkan petani untuk meningkatkan hasil panen dengan cara yang lebih efisien. Meskipun demikian, penggunaan tanaman yang tahan terhadap herbisida menimbulkan perdebatan tentang resistensi gulma terhadap herbisida dan potensi dampaknya terhadap lingkungan.

▷ Tumbuhan yang Tahan terhadap Perubahan Cuaca



Tumbuhan Bioluminesensi-id.rbth.com

Tanaman transgenik juga sedang dikembangkan untuk memiliki ketahanan terhadap perubahan iklim, seperti suhu ekstrem, kekeringan, atau salinitas tinggi. Sebagai contoh, tanaman transgenik tahan kekeringan telah dimodifikasi untuk mengatasi kondisi kekurangan air yang sering terjadi pada musim kemarau. Tanaman ini dapat bertahan lebih lama dan menghasilkan hasil yang lebih baik meskipun dalam kondisi tanah yang kering atau suhu tinggi. Keuntungan lainnya adalah tanaman ini dapat digunakan di daerah yang sebelumnya sulit ditanami karena keterbatasan air, memberikan solusi untuk pertanian berkelanjutan di masa depan.

▷ Tumbuhan Bioluminesensi

Tumbuhan bioluminesensi adalah tanaman yang dimodifikasi untuk menghasilkan cahaya sendiri. Tanaman ini mengandung gen dari organisme yang dapat bercahaya, seperti lanternfish atau bakteri bioluminesen, yang mengkode protein luciferase. Tanaman bioluminesensi telah dikembangkan untuk menciptakan tanaman yang bisa bercahaya dalam gelap tanpa memerlukan sumber daya eksternal seperti listrik. Penelitian mengenai tanaman bioluminesen ini tidak hanya menarik karena estetikanya, tetapi juga memiliki potensi untuk digunakan dalam lampu jalan atau penerangan taman yang lebih ramah lingkungan, penanda genetik dalam penelitian, dan aplikasi lainnya dalam industri.

a. Hewan Transgenik

Hewan transgenik adalah hewan yang telah dimodifikasi secara genetik untuk memasukkan gen dari spesies lain, yang memberikan sifat baru pada hewan tersebut. Proses ini memungkinkan ilmuwan untuk menghasilkan hewan dengan karakteristik genetik tertentu yang diinginkan, seperti ketahanan terhadap penyakit, kemampuan untuk memproduksi protein terapeutik, atau untuk mempelajari penyakit genetik dan terapi gen. Hewan transgenik juga digunakan dalam penelitian medis untuk mengembangkan

model penyakit manusia atau untuk memproduksi produk terapeutik, seperti antibodi monoklonal dan protein manusia.

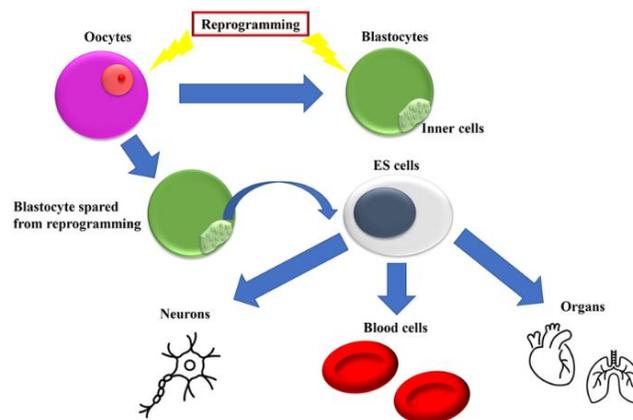
Ada beberapa metode yang digunakan dalam pembuatan hewan transgenik. Dua teknik utama yang digunakan dalam produksi hewan transgenik adalah *pronuclear microinjection* dan *embryonic stem (ES) cell electroporation*, yang masing-masing memiliki mekanisme dan aplikasi yang berbeda.

▷ **Pronuclear Microinjection**

Pronuclear microinjection adalah salah satu metode yang paling umum digunakan dalam pembuatan hewan transgenik, terutama pada mamalia. Teknik ini melibatkan injeksi DNA langsung ke dalam inti sel telur yang telah dibuahi. Proses ini dilakukan pada tahap awal embrio, ketika sel telur yang dibuahi (zigot) memiliki dua inti, yaitu inti dari sel telur dan inti dari sel sperma.

Prosesnya dimulai dengan mengambil sel telur dari hewan betina yang telah matang, kemudian sel telur dibuahi dengan sperma dari pejantan. Setelah proses pembuahan selesai, DNA yang dimodifikasi (gen yang diinginkan) disuntikkan ke dalam inti pronukleus sel telur menggunakan mikropipet halus. Sel telur yang telah dimodifikasi kemudian dipindahkan ke dalam rahim induk pengganti untuk perkembangan lebih lanjut.

Hewan yang dihasilkan dari teknik ini akan memiliki genetik yang mengandung gen baru yang disisipkan ke dalam sel telur. *Pronuclear microinjection* memungkinkan penyisipan gen baru ke dalam organisme yang berkembang, dan sering digunakan untuk menciptakan hewan transgenik seperti tikus yang dimodifikasi untuk penelitian genetik, model penyakit, atau untuk produksi protein terapeutik.



Program perkembangan sel induk embrionik (ES) yang berasal dari blastokista-researchgate.net

▷ **Embryonic Stem (ES) Cell Electroporation dan Subsequent Blastocyst Injection**

Embryonic Stem (ES) cell electroporation adalah teknik lain yang digunakan untuk membuat hewan transgenik, yang melibatkan penggunaan sel punca embrionik (ES) untuk memasukkan gen baru ke dalam organisme. Proses ini sangat berguna dalam membuat model penyakit atau untuk penelitian rekayasa genetik yang lebih kompleks.

Pada teknik ini, sel punca embrionik diisolasi dari embrio hewan (biasanya tikus) pada tahap tertentu dari perkembangannya, sebelum diferensiasi menjadi sel-sel spesifik jaringan. Sel punca embrionik ini kemudian diberi perlakuan untuk menyisipkan gen yang diinginkan melalui teknik *electroporation*, yaitu proses menggunakan arus listrik untuk membuka membran sel dan memungkinkan DNA eksternal masuk ke dalam sel.

Setelah DNA dimasukkan ke dalam sel punca embrionik, sel tersebut kemudian dikultur dan dipilih untuk memastikan bahwa mereka berhasil menyerap gen yang dimodifikasi. Sel punca embrionik

yang mengandung gen baru ini kemudian disuntikkan ke dalam blastosista (embryo yang berkembang) dari individu yang tidak dimodifikasi secara genetik. Blastosista yang telah disuntikkan sel punca embrionik yang dimodifikasi ini kemudian dipindahkan ke dalam rahim induk pengganti, yang akan melahirkan hewan yang mengandung sel punca embrionik transgenik.

Hewan yang dihasilkan dari teknik ini akan menjadi chimeric, yang berarti mereka akan memiliki kombinasi sel-sel dari dua sumber genetik: satu bagian dari tubuh mereka akan mengandung gen transgenik yang disuntikkan, sementara bagian lainnya berasal dari sel induk asli. Teknik ini sangat berguna untuk mengembangkan model penyakit genetik atau untuk mempelajari efek spesifik dari gen tertentu dalam konteks organisme utuh.

Contoh Soal

Apa manfaat dari terapi gen dalam pengobatan penyakit genetik?

- A. Memperkenalkan virus baru ke dalam tubuh untuk meningkatkan kekebalan tubuh.
- B. Memperbaiki atau menggantikan gen yang rusak dalam tubuh manusia dengan gen sehat.
- C. Menghapus sel-sel yang terinfeksi virus dari tubuh.
- D. Menggunakan genetika untuk memproduksi obat-obatan dalam jumlah besar.
- E. Menghindari penggunaan obat-obatan dalam pengobatan penyakit.

Jawaban Benar: B. Memperbaiki atau menggantikan gen yang rusak dalam tubuh manusia dengan gen sehat.

Penjelasan:

Terapi gen bertujuan untuk memperbaiki atau menggantikan gen yang rusak dalam tubuh pasien dengan gen yang sehat, untuk mengobati penyakit yang disebabkan oleh kelainan genetik, seperti hemofilia atau cystic fibrosis.



Biologipedia

Pemanfaatan Rekayasa Genetika

- ▷ Terapi gen tidak hanya untuk penyakit genetik! Kini, teknik ini mulai diterapkan untuk mengobati beberapa jenis kanker, dengan memperkenalkan gen sehat untuk meningkatkan kemampuan tubuh melawan tumor.
- ▷ Hewan transgenik telah memungkinkan produksi protein terapeutik seperti antibodi monoklonal yang digunakan dalam pengobatan kanker dan penyakit lainnya.
- ▷ Tanaman yang tahan terhadap kekeringan atau pupuk sendiri melalui teknik rekayasa genetika dapat membantu mengurangi ketergantungan pada sumber daya alam yang semakin terbatas.





8. Risiko dan Tantangan Pemanfaatan Bioteknologi

Meskipun bioteknologi membawa banyak manfaat, terutama dalam meningkatkan produktivitas pertanian, pengobatan, dan pembuatan produk industri, ada beberapa dampak negatif yang perlu diperhatikan. Teknologi bioteknologi yang diterapkan secara tidak hati-hati dapat menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia, lingkungan, dan keberagaman hayati. Dalam subbab ini, kita akan membahas beberapa dampak negatif yang dapat muncul akibat penerapan bioteknologi, seperti penciptaan mikroorganisme patogen baru, toksisitas pada bahan pangan, resistensi terhadap hama, dan perubahan ekosistem.

Potensi Menghasilkan Mikroorganisme Patogen Baru

Bioteknologi berisiko menciptakan mikroorganisme patogen baru yang lebih virulen dan resisten terhadap obat. Modifikasi bakteri atau virus dalam eksperimen dapat menghasilkan organisme yang sulit dikendalikan, berpotensi memicu epidemi. Oleh karena itu, ilmuwan harus menerapkan protokol keamanan ketat untuk mencegah penyebaran patogen tak terduga.



*Makanan yang Mengandung
Toxic-detik.net.id*

Kemunculan Makanan dengan Protein Baru yang Berpotensi Toksik

Bioteknologi dapat menghasilkan makanan transgenik dengan protein baru yang berpotensi toksik atau memicu alergi. Misalnya, gen dari bakteri yang dimasukkan ke tanaman dapat menghasilkan protein berbahaya bagi manusia. Oleh karena itu, uji toksisitas dan alergi yang ketat diperlukan untuk memastikan keamanan pangan sebelum dipasarkan.

Kemunculan Supergulma yang Tahan terhadap Herbisida

Tanaman transgenik tahan herbisida berisiko memunculkan supergulma yang sulit dikendalikan. Gen ketahanan dapat berpindah ke gulma di sekitarnya, membuatnya resisten terhadap herbisida. Akibatnya, hasil panen menurun, dan petani menghadapi biaya serta risiko lingkungan yang lebih tinggi dalam pengendaliannya.

Teknik Reproduksi In Vitro dapat Mbingungkan Status Orang Tua

Bioteknologi reproduksi seperti IVF memberi harapan bagi pasangan yang sulit memiliki anak, tetapi juga menimbulkan risiko kerancuan status orang tua. Kloning atau donor sperma dan sel telur dapat memicu kebingungan terkait hak waris dan tanggung jawab orang tua. Oleh karena itu, aspek hukum dan sosial perlu diperhatikan seiring perkembangan teknologi ini.

Bahaya Besar pada Organisme Hasil Kloning

Kloning hewan dan manusia menghadapi risiko kesehatan tinggi, seperti penuaan dini, cacat fisik, dan penyakit genetik, sebagaimana terlihat pada domba Dolly. Tingkat keberhasilannya masih rendah dengan potensi dampak serius. Pada manusia, kloning menimbulkan risiko medis dan psikologis, serta menimbulkan dilema etis terkait kualitas hidup individu yang dikloning.

Menyebarnya Strain Bakteri secara Bebas di Alam

Penggunaan bakteri hasil rekayasa genetik dalam bioteknologi berisiko jika terlepas ke lingkungan, karena dapat beradaptasi, menyebar, dan membentuk strain berbahaya. Hal ini bisa meningkatkan resistensi antibiotik atau merusak ekosistem. Oleh karena itu, pengawasan ketat diperlukan untuk mencegah dampak negatif.

Pengurangan Plasma Nutrah Tanaman atau Hewan

Penggunaan tanaman dan hewan transgenik dapat menyebabkan erosi plasma nutrah, mengurangi keragaman genetik spesies alami. Hal ini berisiko menggantikan varietas lokal yang lebih adaptif terhadap lingkungan ekstrem atau penyakit, sehingga menurunkan ketahanan spesies terhadap perubahan dan ancaman di masa depan.

Ketidakseimbangan dalam Ekosistem Alam

Tanaman, hewan, dan mikroorganisme transgenik dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dengan merusak rantai makanan dan habitat. Misalnya, tanaman tahan hama dapat mengurangi populasi serangga yang bermanfaat. Pengawasan ketat diperlukan untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan.

Pemanfaatan Senjata Biologis untuk Tujuan Negatif

Bioteknologi, khususnya dalam hal manipulasi mikroorganisme dan virus, berpotensi disalahgunakan untuk tujuan bioterorisme atau pengembangan senjata biologis. Bakteri, virus, atau mikroorganisme yang telah dimodifikasi genetiknya dapat digunakan untuk menginfeksi manusia, hewan, atau tanaman secara luas. Penyalahgunaan ini berpotensi menyebabkan kerusakan massal dan wabah penyakit, yang menimbulkan risiko besar bagi keamanan global.

Untuk itu, sangat penting untuk memiliki peraturan internasional yang ketat dan pengawasan terhadap penelitian dan aplikasi bioteknologi guna mencegah potensi penyalahgunaan teknologi ini.



Senjata Biologis-koranjakarta.com

Contoh Soal

Apa dampak potensial dari penggunaan tanaman transgenik yang tahan herbisida pada lingkungan?

- A. Tanaman transgenik dapat meningkatkan keberagaman hayati dengan mengurangi penggunaan herbisida.
- B. Tanaman transgenik dapat menyebabkan munculnya gulma super yang lebih sulit dikendalikan.
- C. Tanaman transgenik secara otomatis meningkatkan ketahanan tanah terhadap erosi.
- D. Tanaman transgenik hanya mempengaruhi hasil pertanian tanpa dampak pada ekosistem.
- E. Tanaman transgenik tidak mempengaruhi mikroorganisme tanah atau kualitas air.

Jawaban Benar: B. Tanaman transgenik dapat meningkatkan keberagaman hayati dengan mengurangi penggunaan herbisida

Penjelasan:

Penggunaan tanaman transgenik yang tahan herbisida dapat menyebabkan terjadinya gulma super, yaitu gulma yang berkembang biak dan menjadi tahan terhadap herbisida, membuatnya lebih sulit untuk dikendalikan dan berpotensi mengganggu ekosistem.



Biologipedia

Dampak Negatif Bioteknologi

- ▷ Penggunaan tanaman transgenik yang tahan herbisida dapat menyebabkan munculnya gulma super, yang sulit dikendalikan dan dapat mengganggu keberagaman hayati.
- ▷ Kloning hewan yang gagal dapat mengakibatkan masalah kesehatan seperti penyakit genetik, menyebabkan banyak hewan yang dikloning memiliki umur lebih pendek dan kualitas hidup yang buruk.
- ▷ Salah satu risiko besar dalam bioteknologi mikroorganisme adalah potensi penyalahgunaan senjata biologis, yang dapat digunakan untuk menyebarkan penyakit menular secara global.



BIO HAZARD

Rangkuman

Bioteknologi telah membawa banyak terobosan besar dalam berbagai bidang, mulai dari pertanian, medis, hingga industri, yang memberikan manfaat signifikan dalam meningkatkan produktivitas pangan, pengobatan penyakit, dan keberlanjutan lingkungan. Melalui teknik-teknik seperti rekayasa genetika, kloning, dan bioremediasi, bioteknologi telah memungkinkan terciptanya organisme transgenik, tanaman tahan hama, dan hewan transgenik yang memiliki berbagai keunggulan, seperti ketahanan terhadap penyakit, peningkatan kualitas produk, dan efisiensi pertanian. Selain itu, bioteknologi juga berperan besar dalam pengembangan obat-obatan, terapi gen, dan produksi vaksin, yang memberikan solusi dalam penanganan penyakit genetik dan infeksi.

Namun, meskipun bioteknologi membawa banyak keuntungan, penerapannya tidak lepas dari risiko dan dampak negatif yang harus diperhatikan dengan hati-hati. Beberapa dampak negatif yang mungkin timbul mencakup kemungkinan penciptaan mikroorganisme patogen baru, timbulnya bahan pangan yang berpotensi toksik, dan munculnya tanaman supergulma yang lebih sulit dikendalikan. Penggunaan teknologi seperti kloning dan bioteknologi pangan juga dapat menimbulkan masalah etika, kesehatan, dan kerusakan ekosistem jika tidak diawasi dengan ketat.

Selain itu, pengembangan tanaman dan hewan transgenik harus dilaksanakan dengan perhatian khusus terhadap dampaknya terhadap keberagaman hayati dan keberlanjutan ekosistem. Risiko terhadap keseimbangan ekosistem, penyebaran mikroorganisme transgenik, serta perubahan dalam struktur genetik tanaman dan hewan harus dikelola dengan hati-hati agar tidak menimbulkan kerusakan yang tidak diinginkan.

Secara keseluruhan, meskipun bioteknologi menawarkan potensi besar untuk memperbaiki kualitas hidup dan menangani tantangan global, penerapannya harus dilakukan dengan pendekatan yang bertanggung jawab, etis, dan berkelanjutan. Pengawasan yang ketat, peraturan yang jelas, serta penelitian yang terus-menerus diperlukan untuk memastikan bahwa manfaat bioteknologi dapat diperoleh tanpa mengorbankan kesehatan manusia, lingkungan, dan keberagaman hayati.

Latihan Soal

1. Bagaimana rekayasa genetika dapat membantu dalam mengatasi permasalahan ketahanan pangan di masa depan?
 - A. Dengan menciptakan tanaman yang lebih tahan terhadap hama dan penyakit, mengurangi kebutuhan akan pestisida kimia.
 - B. Dengan mengurangi jumlah tanaman yang ditanam untuk memastikan kualitas hasil pertanian.
 - C. Dengan meningkatkan kualitas tanah dan mengurangi penggunaan pupuk kimia.
 - D. Dengan meningkatkan jumlah tanaman yang harus disiram secara intensif.
 - E. Dengan memperkenalkan tanaman yang hanya bisa hidup di daerah tropis.
2. Salah satu dampak negatif penggunaan tanaman transgenik adalah munculnya supergulma. Apa yang menjadi penyebab utama terjadinya hal ini?
 - A. Penggunaan tanaman transgenik yang tidak memerlukan air.
 - B. Transfer gen ketahanan herbisida dari tanaman ke gulma di sekitar tanaman transgenik.
 - C. Penggunaan tanaman yang tidak memerlukan cahaya matahari.
 - D. Pembentukan tanaman yang menghasilkan pestisida alami.
 - E. Peningkatan keragaman genetik tanaman.
3. Mengapa rekayasa genetika pada hewan transgenik menggunakan teknik pronuclear microinjection memiliki keterbatasan dalam keberhasilannya?
 - A. Karena teknik ini hanya efektif pada tanaman dan bukan pada hewan.
 - B. Karena prosedurnya sangat mahal dan memerlukan peralatan canggih.
 - C. Karena mikroorganisme tidak dapat diterapkan pada hewan transgenik.
 - D. Karena teknik ini hanya mengubah beberapa sifat fisik hewan dan bukan sifat genetik.
 - E. Karena keberhasilan dalam menghasilkan individu transgenik hanya sekitar 10% dari total percobaan.
4. Apa potensi risiko yang dapat timbul jika mikroorganisme yang dimodifikasi secara genetik disebarkan secara tidak terkendali ke lingkungan?
 - A. Mikroorganisme tersebut bisa mengurangi keragaman hayati.
 - B. Mereka bisa mempercepat pertumbuhan tanaman secara alami.
 - C. Mereka dapat memperbaiki kualitas tanah tanpa menimbulkan dampak negatif.
 - D. Mereka bisa mengurangi penggunaan pestisida kimia.
 - E. Mereka bisa beradaptasi dan berkembang menjadi organisme yang lebih menguntungkan.

5. Apakah tujuan utama dari penggunaan embryonic stem (ES) cell electroporation dalam pembuatan hewan transgenik?
- A. Untuk mempercepat proses kloning hewan.
 - B. Untuk menyisipkan gen baru ke dalam sel punca embrionik dan menciptakan hewan chimeric.
 - C. Untuk mengurangi potensi cacat genetik pada hewan hasil kloning.
 - D. Untuk menghasilkan hewan yang lebih cepat tumbuh dan berkembang.
 - E. Untuk memastikan hewan transgenik menghasilkan protein terapeutik yang lebih efisien.
6. Apa saja keuntungan utama dari penggunaan tanaman transgenik yang mengandung gen dari *Bacillus thuringiensis*?
- A. Tanaman menjadi lebih tahan terhadap kekeringan dan salinitas.
 - B. Tanaman menjadi lebih cepat berkembang dan menghasilkan lebih banyak hasil.
 - C. Tanaman menjadi lebih tahan terhadap hama tanpa menggunakan pestisida kimia.
 - D. Tanaman menghasilkan lebih banyak gizi dan vitamin untuk dikonsumsi manusia.
 - E. Tanaman menjadi lebih tahan terhadap berbagai jenis herbisida.
7. Apa yang menjadi tantangan utama dalam penerapan terapi gen untuk penyakit genetik pada manusia?
- A. Tingginya biaya terapi gen yang sulit dijangkau oleh masyarakat.
 - B. Proses terapi gen dapat menyebabkan pengaruh negatif pada jaringan tubuh yang sehat.
 - C. Terapi gen hanya efektif pada penyakit yang disebabkan oleh faktor lingkungan.
 - D. Penggunaan virus untuk membawa gen sehat dapat menyebabkan infeksi pada pasien.
 - E. Gen yang dimodifikasi dalam terapi gen sering kali mengalami perubahan setelah ditransfer ke tubuh.

**Akses latihan soal
lainnya di sini yuk!**



Referensi

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2002). *Molecular Biology of the Cell* (4th ed.). Garland Science.
- Fedoroff, N. V., & Brown, N. (2004). *Genetically Modified Crops and Food Security*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 101(13), 4511-4515.
- Glick, B. R., & Pasternak, J. J. (2009). *Molecular Biotechnology: Principles and Applications of Recombinant DNA* (4th ed.). ASM Press.
- Hartl, D. L., & Jones, E. W. (2001). *Genetics: Analysis of Genes and Genomes* (6th ed.). Jones and Bartlett Publishers.
- National Research Council. (2002). *Genetically Modified Pest-Protected Plants: Science and Regulation*. The National Academies Press.
- Oakeshott, J. G., & Aplin, M. L. (2003). *Biotechnology and the Future of Agriculture*. Springer.
- Ricker, J. A. (2009). *Genetic Engineering: Principles and Applications*. Elsevier.
- Alberts et al. (2002) menjelaskan dasar-dasar biologi sel dan aplikasi bioteknologi dalam rekayasa genetika.
- Fedoroff & Brown (2004) menyoroti peran bioteknologi dalam keamanan pangan global dan pengembangan tanaman transgenik.
- Glick & Pasternak (2009) memberikan panduan mendalam tentang teknik-teknik rekombinasi DNA dalam bioteknologi.
- Hartl & Jones (2001) membahas tentang dasar genetika molekuler yang mendasari bioteknologi dan pengembangan organisme transgenik.
- National Research Council (2002) menyelidiki aspek ilmiah dan regulasi tanaman yang dimodifikasi genetik.
- Oakeshott & Aplin (2003) mengulas potensi dan tantangan bioteknologi dalam sektor pertanian.
- Ricker (2009) menyajikan pemahaman tentang aplikasi dan prinsip-prinsip rekayasa genetika dalam pengobatan dan pertanian.

BAB 4:

BAGIAN EKOSISTEM DAN INTERAKSI ANTAR KOMPONEN

Karakter Pelajar Pancasila

Bernalar Kritis, Mandiri, Kreatif

Kata Kunci: Ekosistem, Biotik, Abiotik, Simbiosis, Rantai Makanan, Piramida Ekologi, Daur Biogeokimia

Tujuan Pembelajaran: Menjelajahi Interaksi Antar Makhluk Hidup di Alam

1. Menganalisis Peran Komponen Ekosistem

- ▷ Mengidentifikasi komponen biotik dan abiotik dalam ekosistem.
- ▷ Menjelaskan bagaimana setiap komponen ekosistem berkontribusi terhadap keseimbangan lingkungan.
- ▷ Menganalisis aliran energi dalam ekosistem dan peran setiap trofik dalam rantai makanan.
- ▷ Memahami proses daur biogeokimia dan dampaknya terhadap ekosistem.

2. Menjelaskan Interaksi antar Komponen Biotik dalam Ekosistem

- ▷ Menggambarkan hubungan antara makhluk hidup dalam ekosistem, seperti simbiosis, kompetisi, dan predasi.

▷ Menjelaskan pengaruh interaksi antar organisme terhadap keseimbangan ekosistem.

3. Membedakan Tipe-Tipe Piramida Ekologi

▷ Menjelaskan konsep piramida ekologi dan jenis-jenisnya.

▷ Menganalisis perbedaan antara piramida energi, piramida biomassa, dan piramida jumlah individu.

▷ Menggunakan contoh konkret untuk menjelaskan perbedaan antar piramida ekologi dalam suatu ekosistem.

4. Membuat Media Charta Diagram Rantai Makanan dan Jaring-Jaring Makanan

▷ Mengidentifikasi peran organisme dalam rantai makanan dan jaring-jaring makanan.

▷ Mendesain diagram rantai makanan dan jaring-jaring makanan secara sistematis.

▷ Menjelaskan hubungan energi yang terjadi dalam setiap tingkat trofik.

5. Menyusun Media Charta Daur Biogeokimia Berdasarkan Kajian Literatur

▷ Memahami siklus nitrogen, karbon, sulfur, dan fosfor dalam ekosistem.

▷ Menyusun diagram daur biogeokimia secara sistematis berdasarkan sumber literatur.

▷ Menjelaskan peran dan dampak daur biogeokimia terhadap keberlangsungan kehidupan.

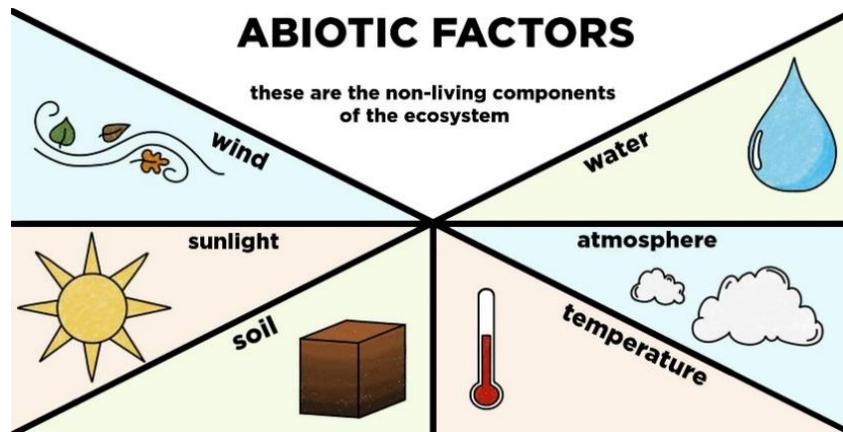


F I T R I



1. Bagian-Bagian Penyusun Ekosistem

Ekosistem adalah sistem yang terdiri dari komponen biotik (makhluk hidup) dan komponen abiotik (lingkungan fisik) yang saling berinteraksi. Setiap komponen dalam ekosistem memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Tanpa adanya interaksi yang sehat antar komponen ini, ekosistem tidak akan dapat bertahan lama. Komponen-komponen ekosistem dapat dibedakan menjadi dua kategori besar: **komponen abiotik** dan **komponen biotik**. Setiap komponen berkontribusi pada keberlangsungan hidup organisme dan stabilitas sistem ekologi.



Faktor Abiotik-expii.com

Komponen Abiotik

Komponen abiotik merupakan faktor-faktor lingkungan yang tidak hidup, tetapi memiliki pengaruh besar terhadap kelangsungan hidup makhluk hidup di dalam ekosistem. Faktor-faktor ini meliputi segala sesuatu yang ada di sekitar makhluk hidup yang tidak berbentuk organisme hidup, tetapi mempengaruhi atau menjadi dasar untuk kehidupan organisme tersebut. Beberapa komponen abiotik yang penting dalam ekosistem antara lain udara, air, tanah, sinar matahari, suhu, kelembapan, pH, topografi, dan garam mineral.

a. Udara

Udara adalah campuran gas yang mencakup oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), nitrogen (N_2), argon, dan gas-gas lainnya. Oksigen diperlukan oleh hampir semua makhluk hidup untuk respirasi, yaitu proses pengambilan energi dari makanan, sedangkan karbon dioksida diperlukan oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis untuk menghasilkan oksigen dan glukosa yang menjadi sumber energi bagi organisme lainnya. Keseimbangan gas-gas ini dalam atmosfer juga mempengaruhi kehidupan makhluk hidup. Misalnya, peningkatan gas rumah kaca (seperti CO_2) berkontribusi pada pemanasan global yang bisa mengubah kondisi ekosistem secara signifikan.

b. Air

Air adalah komponen vital bagi semua kehidupan di bumi. Tanpa air, tidak ada proses biologis yang dapat berlangsung dengan baik. Air digunakan dalam berbagai proses, termasuk transportasi zat dalam tubuh makhluk hidup, fotosintesis pada tumbuhan, serta pengaturan suhu tubuh pada hewan. Ekosistem perairan, seperti sungai, danau, laut, dan rawa-rawa, berfungsi sebagai habitat bagi berbagai organisme. Selain itu, air juga berperan dalam siklus hidrologi, mengalirkan air dari permukaan bumi ke atmosfer dan kembali lagi dalam bentuk hujan. Ketersediaan air yang cukup sangat penting untuk kelangsungan hidup organisme, dan kekurangan atau kelebihan air dapat menyebabkan kerusakan ekosistem, seperti kekeringan atau banjir.

c. Tanah

Tanah berfungsi sebagai media untuk tumbuhan bertumbuh dan menyimpan banyak unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Tanah juga menjadi tempat tinggal bagi banyak organisme, termasuk mikroorganisme, invertebrata, dan beberapa jenis hewan vertebrata. Struktur dan komposisi tanah memengaruhi daya dukungnya untuk kehidupan tanaman dan organisme lainnya. Tanah yang subur mengandung banyak bahan organik dan mineral yang berguna bagi pertumbuhan tumbuhan, sedangkan tanah yang tandus atau terdegradasi tidak dapat mendukung keberagaman hayati yang tinggi. Faktor-faktor seperti pH tanah, kelembapan, dan tekstur tanah sangat mempengaruhi jenis tanaman yang dapat tumbuh di suatu area dan bagaimana ekosistem tersebut berkembang.

d. Garam Mineral

Garam mineral adalah unsur hara yang sangat diperlukan oleh tumbuhan untuk pertumbuhannya. Garam mineral seperti nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, dan magnesium adalah komponen yang sangat penting dalam proses metabolisme tumbuhan. Tanpa unsur-unsur ini, tumbuhan tidak dapat menyusun protein, asam nukleat, dan senyawa organik lain yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan reproduksi. Nitrogen, misalnya, dibutuhkan oleh tumbuhan untuk sintesis protein dan klorofil, sedangkan fosfor penting untuk pembentukan akar dan perkembangan bunga. Kekurangan garam mineral dalam tanah bisa menghambat proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman, yang pada gilirannya mengganggu keseimbangan dalam rantai makanan ekosistem.

e. Sinar Matahari

Sinar matahari adalah sumber utama energi bagi kehidupan di Bumi. Matahari memberikan energi dalam bentuk cahaya yang diserap oleh tumbuhan untuk melakukan fotosintesis. Proses fotosintesis ini sangat penting karena memungkinkan tumbuhan untuk mengubah energi cahaya menjadi energi kimia dalam bentuk glukosa, yang menjadi sumber makanan bagi organisme lainnya dalam ekosistem. Tumbuhan yang menghasilkan energi melalui fotosintesis menjadi dasar dari rantai makanan, dan mereka menyediakan energi untuk konsumen primer (herbivora), konsumen sekunder (karnivora), dan seterusnya. Intensitas sinar matahari yang diterima oleh suatu wilayah juga menentukan jenis vegetasi yang bisa berkembang di daerah tersebut.

f. Suhu

Suhu mempengaruhi laju metabolisme semua makhluk hidup. Setiap spesies memiliki rentang suhu tertentu di mana mereka dapat hidup dan berkembang biak dengan baik. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah bisa menyebabkan organisme stress atau bahkan mati. Misalnya, di daerah tropis yang hangat, suhu mendukung kehidupan tanaman yang sangat produktif dan beragam. Sebaliknya, suhu yang ekstrem di daerah kutub atau gurun membatasi kehidupan tumbuhan dan hewan. Selain itu, perubahan suhu akibat perubahan iklim dapat mempengaruhi pola migrasi hewan, musim kawin, dan distribusi organisme di seluruh dunia.

g. Kelembapan

Kelembapan udara berpengaruh terhadap proses transpirasi pada tumbuhan dan keseimbangan fisiologis pada hewan. Kelembapan yang tinggi dapat mendukung pertumbuhan tanaman dan mikroorganisme tertentu, seperti jamur dan bakteri. Sebaliknya, kelembapan yang rendah dapat meningkatkan evaporasi air dari tubuh organisme, yang dapat menyebabkan kekeringan. Pada ekosistem seperti hutan hujan tropis, kelembapan tinggi mendukung keanekaragaman hayati yang tinggi, sedangkan di ekosistem gurun dengan kelembapan rendah, kehidupan lebih terbatas.

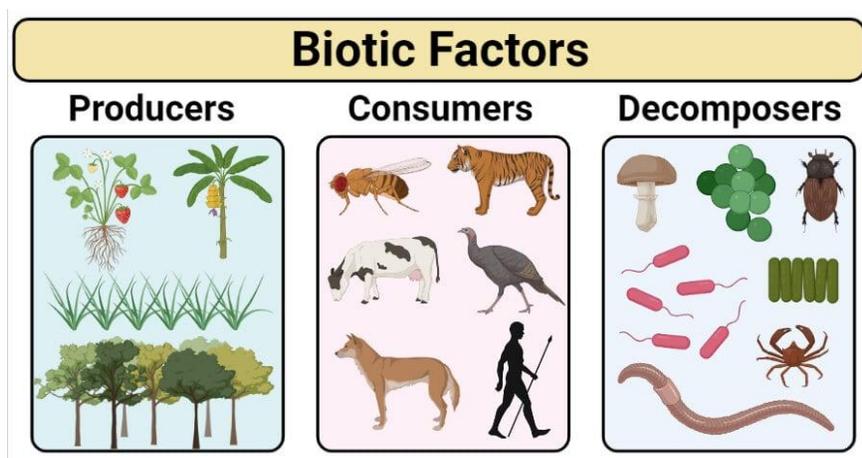
h. Derajat Keasaman (pH)

pH tanah dan air menentukan jenis organisme yang dapat hidup di dalamnya. pH yang terlalu tinggi (basa) atau terlalu rendah (asam) dapat membatasi kemampuan tanaman untuk menyerap mineral

yang diperlukan untuk pertumbuhannya. Sebagai contoh, banyak tanaman tumbuh baik pada pH netral atau sedikit asam, sedangkan beberapa tanaman, seperti anggrek, lebih suka tanah dengan pH asam. Dalam ekosistem perairan, pH juga memengaruhi kelangsungan hidup organisme akuatik. Beberapa spesies ikan hanya bisa hidup di air dengan pH tertentu, dan perubahan pH yang drastis bisa menyebabkan kematian massal pada makhluk hidup di ekosistem tersebut.

i. Topografi

Topografi berhubungan dengan bentuk permukaan bumi, seperti gunung, lembah, dataran tinggi, dan rendah. Faktor ini sangat memengaruhi iklim dan kondisi lingkungan di suatu wilayah. Sebagai contoh, daerah yang berada di dataran tinggi biasanya memiliki suhu yang lebih dingin dan curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan dengan dataran rendah. Topografi juga memengaruhi pola aliran air dan distribusi vegetasi. Selain itu, topografi memainkan peran dalam pembentukan habitat alami yang mendukung keberagaman spesies. Misalnya, hutan pegunungan dan padang rumput dataran rendah memiliki keanekaragaman hayati yang berbeda-beda.



Komponen Biotik-microbenotes.com

Komponen Biotik

Komponen biotik adalah semua makhluk hidup yang ada dalam ekosistem, baik itu tumbuhan, hewan, maupun mikroorganisme. Komponen biotik dapat dibagi menjadi dua kelompok utama: autotrof (produsen) dan heterotrof (konsumen). Produsen seperti tumbuhan hijau mampu menghasilkan makanannya sendiri melalui fotosintesis atau kemosintesis, sementara konsumen bergantung pada organisme lain untuk memperoleh energi. Selain itu, dekomposer berperan penting dalam mengurai bahan organik menjadi bahan anorganik yang dapat digunakan kembali dalam siklus ekosistem.

a. Komponen Autotrof (Produsen)

Organisme autotrof, atau produsen, adalah organisme yang mampu membuat makanannya sendiri melalui fotosintesis atau kemosintesis. Tumbuhan hijau, alga, dan beberapa jenis bakteri adalah contoh autotrof. Mereka menyerap energi dari matahari (dalam fotosintesis) atau dari senyawa kimia (dalam kemosintesis) untuk menghasilkan energi dalam bentuk glukosa. Organisme autotrof merupakan dasar dari seluruh rantai makanan, karena mereka menyediakan energi yang dibutuhkan oleh konsumen primer dan organisme lainnya.

b. Komponen Heterotrof (Konsumen)

Organisme heterotrof adalah makhluk hidup yang tidak dapat membuat makanannya sendiri dan bergantung pada organisme lain untuk mendapatkan energi. Konsumen dapat dibagi menjadi beberapa tingkatan, seperti konsumen primer (herbivora), konsumen sekunder (karnivora yang

memakan herbivora), konsumen tersier (karnivora tingkat tinggi), dan omnivora yang mengonsumsi baik tumbuhan maupun hewan. Semua konsumen ini saling berinteraksi dan membentuk hubungan yang kompleks dalam rantai makanan ekosistem. Heterotrof dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan makanannya:

- ▷ **Konsumen Primer:** Herbivora yang memakan tumbuhan, seperti kelinci dan sapi.
- ▷ **Konsumen Sekunder:** Karnivora yang memakan herbivora, seperti ular yang memakan tikus.
- ▷ **Konsumen Tersier:** Karnivora tingkat tinggi yang memakan karnivora lain, seperti elang yang memangsa ular.
- ▷ **Omnivora:** Organisme yang memakan tumbuhan dan hewan, seperti manusia dan beruang.

c. Dekomposer (Pengurai)

Dekomposer adalah organisme, seperti bakteri dan jamur, yang berperan dalam menguraikan bahan organik mati menjadi zat anorganik yang dapat digunakan kembali oleh tanaman. Tanpa dekomposer, ekosistem akan kehilangan kemampuan untuk mengolah bahan organik yang sudah mati, dan siklus hara yang terjadi dalam ekosistem akan terhambat. Proses penguraian ini sangat penting untuk menjaga kestabilan ekosistem dan memastikan bahwa unsur-unsur penting seperti nitrogen, fosfor, dan karbon kembali ke dalam tanah.



Cacing Tanah-kumparan.com

d. Detritivor

Detritivor adalah kelompok organisme yang mengonsumsi bahan organik mati (detritus), seperti daun yang gugur, sisa-sisa hewan, dan materi organik lainnya. Detritivor membantu dalam proses dekomposisi, tetapi berbeda dengan dekomposer karena detritivor mengolah bahan organik mati secara mekanis, bukan hanya dengan proses kimia. Organisme seperti cacing tanah, serangga pengurai, dan krustasea termasuk dalam kelompok ini. Mereka mengubah bahan organik mati menjadi partikel yang lebih kecil, yang kemudian akan diurai lebih lanjut oleh mikroorganisme. Proses ini mempercepat pengembalian unsur hara ke dalam tanah, yang sangat penting untuk keberlanjutan ekosistem.

Contoh Soal

Komponen abiotik yang paling berpengaruh terhadap distribusi tumbuhan di suatu wilayah adalah...

- A. Jenis tumbuhan yang ada di wilayah tersebut
- B. Aktivitas manusia di wilayah tersebut
- C. Kelembapan udara di wilayah tersebut
- D. Suhu dan intensitas sinar matahari di wilayah tersebut
- E. Keberagaman jenis hewan yang ada di wilayah tersebut

Jawaban Benar: D. Suhu dan intensitas sinar matahari di wilayah tersebut

Penjelasan:

Suhu dan intensitas sinar matahari adalah dua faktor abiotik yang sangat berpengaruh terhadap distribusi tumbuhan. Tumbuhan memiliki kebutuhan suhu dan cahaya yang spesifik, yang akan menentukan apakah tumbuhan tersebut dapat tumbuh di suatu wilayah atau tidak. Faktor lainnya seperti kelembapan juga mempengaruhi, tetapi suhu dan cahaya lebih dominan.



Biologipedia

Komponen Ekosistem

▷ Suhu dan Cahaya Matahari Mempengaruhi Keanekaragaman Hayati

Suhu dan cahaya matahari adalah dua faktor abiotik yang paling signifikan dalam menentukan keberagaman spesies di suatu ekosistem. Di daerah tropis yang mendapatkan cahaya matahari lebih banyak sepanjang tahun, keanekaragaman hayati cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang lebih dingin.

▷ Air Merupakan Faktor Pengatur Utama

Air tidak hanya mendukung kehidupan, tetapi juga mengatur distribusi spesies di seluruh dunia. Di gurun, kekurangan air membatasi jumlah spesies yang dapat bertahan hidup, sementara di ekosistem perairan, air memberikan habitat untuk berbagai organisme yang tidak ditemukan di daratan.

▷ Tanah Sebagai Penyimpan Unsur Hara

Tanah berfungsi sebagai reservoir bagi unsur hara penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium yang mendukung pertumbuhan tanaman. Keberagaman mikroorganisme di tanah juga mempengaruhi kualitas tanah dan ketahanannya terhadap erosi.





2. Dinamika Interaksi dalam Ekosistem

Interaksi antar komponen ekosistem, baik itu antara komponen biotik maupun antara komponen biotik dan abiotik, adalah hal yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan dan kelangsungan ekosistem. Tanpa adanya interaksi yang harmonis, ekosistem bisa kehilangan kestabilannya, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Proses interaksi ini dapat terjadi dalam bentuk hubungan yang saling menguntungkan, merugikan, atau bahkan netral bagi kedua belah pihak yang terlibat. Melalui interaksi ini, energi dan materi bergerak di dalam ekosistem, dan berbagai organisme berinteraksi untuk bertahan hidup dan berkembang biak.

Interaksi antar komponen ekosistem bisa terjadi dalam berbagai bentuk, dari yang sederhana seperti predasi, hingga yang kompleks seperti simbiosis mutualisme. Untuk lebih memahami pentingnya interaksi ini, kita perlu mempelajari berbagai bentuk interaksi yang terjadi di dalam ekosistem.

Interaksi Antarspesies

Interaksi antarspesies adalah hubungan yang terjadi antara individu dari spesies yang berbeda dalam ekosistem. Interaksi ini dapat memberikan manfaat atau kerugian bagi organisme yang terlibat. Beberapa bentuk interaksi antarspesies yang umum ditemukan adalah sebagai berikut:

a. Netralisme

Netralisme adalah jenis interaksi di mana dua spesies hidup berdampingan dalam ekosistem, namun tidak ada pengaruh positif atau negatif yang dirasakan oleh kedua spesies tersebut. Kedua spesies tersebut hidup di area yang sama, tetapi tidak mempengaruhi satu sama lain secara langsung. Contoh interaksi netralisme bisa ditemukan pada burung pipit yang hidup di pohon yang sama dengan semut, di mana semut dan burung pipit tidak saling berinteraksi atau mempengaruhi keberadaan masing-masing.

b. Kompetisi

Kompetisi adalah interaksi yang terjadi antara dua individu atau lebih, baik dalam satu spesies (kompetisi intraspesifik) maupun antara spesies yang berbeda (kompetisi interspesifik), yang berusaha memperebutkan sumber daya yang terbatas dalam ekosistem. Sumber daya yang diperebutkan dapat berupa makanan, tempat tinggal, pasangan, atau elemen penting lainnya yang dibutuhkan untuk kelangsungan hidup dan reproduksi. Kompetisi dapat menyebabkan perubahan dalam distribusi spesies, kelimpahan individu, dan struktur komunitas dalam ekosistem.

Kompetisi biasanya terjadi ketika sumber daya yang tersedia tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan semua individu. Kompetisi juga biasanya terjadi pada organisme yang memiliki *niche* yang sama. **Niche (Relung)** adalah peran atau fungsi spesies dalam ekosistem, termasuk cara spesies tersebut memperoleh makanan, tempat tinggal, dan berinteraksi dengan spesies lain. Niche mencakup seluruh aspek kehidupan spesies, seperti habitat, pola makan, dan waktu aktivitas, yang membedakannya dari spesies lain untuk mengurangi kompetisi. Sebagai contoh, dua spesies herbivora yang memakan jenis tumbuhan yang sama dapat bersaing untuk mendapatkan pasokan makanan. Jika salah satu spesies lebih efisien dalam memanfaatkan sumber daya tersebut, mereka akan mendominasi, sementara spesies lainnya akan terdesak atau mengalami penurunan jumlah individu.

Kompetisi juga dapat mengarah pada adaptasi spesifik dalam spesies untuk memanfaatkan sumber daya dengan cara yang lebih efisien, sehingga mengurangi persaingan langsung. Misalnya, dua spesies burung yang tinggal di pohon yang sama dapat mengurangi kompetisi dengan memakan jenis makanan yang berbeda atau dengan berburu di waktu yang berbeda.

- ▷ **Kompetisi Intraspesifik** terjadi ketika individu-individu dalam satu spesies bersaing untuk mendapatkan sumber daya yang terbatas. Sebagai contoh, dua individu kelinci yang memperebutkan makanan di padang rumput.
- ▷ **Kompetisi Interspesifik** terjadi ketika individu dari dua spesies berbeda bersaing untuk mendapatkan sumber daya yang sama. Misalnya, singa dan hyena yang bersaing untuk mendapatkan mangsa di savana Afrika. Kompetisi ini sangat mempengaruhi distribusi spesies di suatu ekosistem, karena spesies yang lebih efisien dalam memanfaatkan sumber daya akan lebih dominan.

c. Komensalisme

Dalam hubungan komensalisme, satu spesies mendapat keuntungan, sementara spesies lainnya tidak terpengaruh secara positif atau negatif. Artinya, satu spesies mendapat manfaat tanpa merugikan atau memberi manfaat bagi spesies lain. Contoh yang umum adalah hubungan antara ikan remora dan hiu. Ikan remora menempel pada tubuh hiu untuk mendapatkan sisa makanan, tetapi hiu tidak terpengaruh oleh kehadiran ikan remora tersebut. Ikan remora mendapat manfaat dari makan sisa makanan yang ditinggalkan oleh hiu, sementara hiu tidak mendapatkan keuntungan atau kerugian dari interaksi ini.

d. Amensalisme

Amensalisme adalah jenis interaksi di mana satu spesies dirugikan, sementara spesies lainnya tidak terpengaruh. Interaksi ini biasanya terjadi ketika satu organisme mengeluarkan substansi yang berbahaya bagi organisme lain, namun tidak ada keuntungan yang diperoleh oleh organisme tersebut. Sebagai contoh, jamur *Penicillium* menghasilkan antibiotik yang membunuh bakteri di sekitarnya. Jamur tidak mendapatkan manfaat langsung dari interaksi ini, tetapi bakteri yang ada di sekitarnya akan mati akibat antibiotik yang dikeluarkan.

e. Parasitisme

Parasitisme adalah interaksi di mana satu spesies (parasit) mendapatkan keuntungan dari organisme lain (inang), tetapi pada saat yang sama, inang tersebut dirugikan. Parasit memperoleh makanan atau tempat hidup dari inangnya tanpa memberikan manfaat. Sebagai contoh, kutu yang hidup di tubuh mamalia menghisap darah sebagai sumber makanannya. Kutu tersebut merugikan inangnya karena mengurangi darah yang diperlukan oleh tubuh, tetapi kutu mendapatkan keuntungan dalam hal makanan.



Ikan klereol dan parasit isopoda – Canva Studio

f. Predasi

Predasi adalah interaksi di mana satu spesies (pemangsa) memangsa spesies lainnya (mangsa) untuk mendapatkan makanan. Dalam ekosistem, predasi berperan penting dalam menjaga keseimbangan populasi spesies. Sebagai contoh, elang yang memangsa kelinci. Predasi dapat mempengaruhi struktur komunitas di ekosistem, dengan mengendalikan jumlah populasi mangsa, yang pada gilirannya mempengaruhi keberadaan spesies lain dalam ekosistem tersebut.



Protokooperasi-Sainspedia.xyz

g. Protokooperasi

Protokooperasi adalah hubungan antara dua spesies yang menguntungkan kedua belah pihak, tetapi tidak bersifat wajib bagi kelangsungan hidup masing-masing. Artinya, kedua spesies ini dapat hidup tanpa keberadaan satu sama lain, tetapi mereka mendapat keuntungan ketika berada dalam hubungan tersebut. Sebagai contoh, burung jalak yang memakan kutu di tubuh kerbau. Burung jalak mendapatkan makanan, sementara kerbau bebas dari gangguan kutu. Kedua pihak mendapatkan manfaat, tetapi keduanya bisa bertahan hidup tanpa interaksi ini.

h. Mutualisme

Mutualisme adalah hubungan antara dua spesies yang menguntungkan kedua belah pihak, dan hubungan ini bersifat wajib bagi kelangsungan hidup keduanya. Tanpa keberadaan satu sama lain, kedua spesies ini tidak dapat bertahan hidup. Salah satu contoh mutualisme yang paling terkenal adalah hubungan antara lebah dan bunga. Lebah mendapatkan nektar sebagai makanan dari bunga, sementara bunga mendapatkan bantuan lebah dalam penyerbukan, yang diperlukan untuk reproduksinya. Tanpa lebah, bunga akan kesulitan untuk berkembang biak.

Contoh Soal

Dalam ekosistem, hubungan antara dua spesies yang saling menguntungkan, namun tidak wajib untuk kelangsungan hidup kedua spesies tersebut, disebut...

- A. Komensalisme
- B. Mutualisme
- C. Parasitisme
- D. Protokooperasi
- E. Predasi

Jawaban Benar: D. Protokooperasi

Penjelasan:

Protokooperasi adalah hubungan antara dua spesies yang menguntungkan kedua belah pihak, tetapi tidak bersifat wajib. Contoh dari hubungan ini adalah burung jalak yang memakan kutu pada tubuh kerbau. Kerbau tidak tergantung pada burung jalak, tetapi burung jalak mendapat manfaat dari makan kutu.



Biologipedia

Interaksi Antar Komponen Ekosistem

▷ Predasi Membantu Mengatur Populasi

Predasi adalah salah satu interaksi yang sangat penting dalam mengontrol populasi spesies dalam ekosistem. Sebagai contoh, serigala membantu mengendalikan populasi rusa di ekosistem padang rumput, yang pada gilirannya menjaga keseimbangan vegetasi di area tersebut.



▷ Kompetisi Dapat Mendorong Evolusi

Kompetisi antarspesies atau intraspesies untuk sumber daya yang terbatas dapat mendorong evolusi, karena hanya individu yang paling adaptif yang dapat bertahan. Seiring waktu, ini dapat menghasilkan spesies dengan fitur-fitur yang lebih efisien dalam memanfaatkan sumber daya tertentu.

▷ Hubungan Simbiotik Membantu Kelangsungan Hidup

Beberapa hubungan simbiotik, seperti mutualisme dan komensalisme, sangat penting untuk kelangsungan hidup spesies dalam ekosistem. Sebagai contoh, lebah yang membantu penyerbukan bunga mendapatkan nektar, sementara bunga mendapatkan keuntungan dalam hal reproduksi.



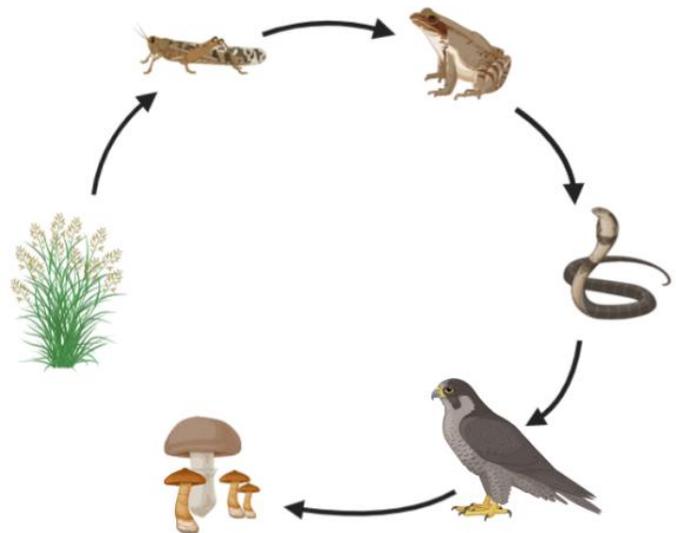
3. Aliran Energi dalam Ekosistem

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja, dan dalam konteks ekosistem, energi mengalir melalui berbagai tingkatan trofik (tingkatan pemangsa) mulai dari produsen (tumbuhan) hingga konsumen (hewan) dan akhirnya ke dekomposer (pengurai). Energi utama yang menggerakkan ekosistem berasal dari matahari, yang diserap oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis dan diteruskan melalui rantai makanan. Meskipun energi ini terus berpindah dari satu organisme ke organisme lain, sebagian besar energi hilang dalam bentuk panas, sesuai dengan hukum termodinamika. Oleh karena itu, pemahaman mengenai aliran energi dalam ekosistem sangat penting untuk memahami bagaimana sistem alami berfungsi dan bagaimana keseimbangan ekosistem dipertahankan. Aliran energi dalam ekosistem merupakan salah satu aspek fundamental yang mendasari kehidupan di bumi. Energi yang diterima oleh ekosistem dari matahari melalui proses fotosintesis akan diproses dan dialirkan dari satu organisme ke organisme lainnya melalui berbagai tingkat trofik dalam ekosistem. Pemahaman tentang aliran energi sangat penting karena hal ini memengaruhi produktivitas dan keberlanjutan ekosistem secara keseluruhan.

Setiap ekosistem memiliki struktur aliran energi yang berbeda-beda, tetapi prinsip dasarnya tetap sama, yaitu bahwa energi mengalir dari produsen (organisme yang memproduksi energi, seperti tumbuhan) ke konsumen (organisme yang mengonsumsi energi) dan akhirnya ke dekomposer yang mengurai sisa-sisa organisme. Aliran energi ini terjadi dalam rantai makanan dan jaring-jaring makanan yang membentuk struktur ekosistem yang kompleks.

Rantai Makanan

Rantai makanan menggambarkan aliran energi dalam ekosistem, dimulai dari produsen (organisme autotrof), konsumen primer (herbivora), konsumen sekunder (karnivora), hingga konsumen tersier (predator tingkat atas), sebelum akhirnya ke dekomposer. Melalui proses makan dan dimakan, setiap organisme menjadi sumber energi bagi organisme lain. Rantai makanan ini membentuk tingkatan trofik yang menunjukkan hubungan energi secara linear, namun dalam ekosistem yang lebih kompleks, hubungan tersebut tergabung dalam jaring-jaring makanan yang saling tumpang tindih. Berikut adalah jenis-jenis rantai makanan berdasarkan tingkatan trofik:

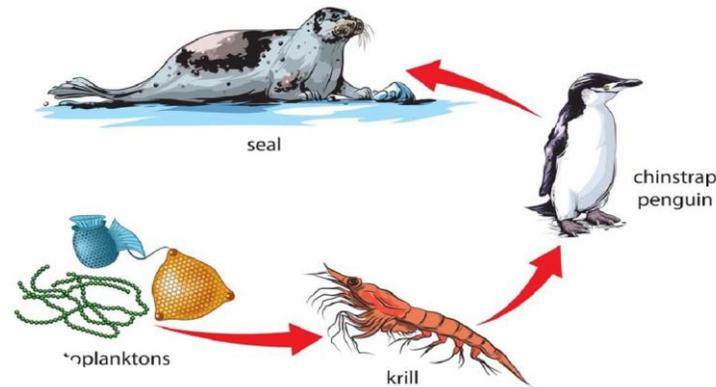


Rantai Makanan-projekipas.com

a. Rantai Makanan Perumput

Rantai makanan perumput adalah rantai makanan sederhana yang dimulai dari produsen, seperti tumbuhan atau alga yang menghasilkan energi melalui fotosintesis, kemudian diikuti oleh konsumen primer (herbivora), konsumen sekunder, dan seterusnya. Contohnya, rumput sebagai produsen dimakan oleh kelinci (konsumen primer), yang kemudian dimakan oleh ular (konsumen sekunder). Rantai makanan ini umum ditemukan di ekosistem darat dan perairan, seperti hutan, padang rumput, dan danau, serta mudah dipahami karena mengikuti urutan yang jelas dari produsen ke konsumen.

b. Rantai Makanan Detritus



Rantai Makanan Detritus-99updates.id

Rantai makanan detritus dimulai dari bahan organik mati (detritus), seperti sisa organisme dan daun gugur, yang dimakan oleh detritivor, seperti cacing tanah dan serangga. Detritivor ini menjadi sumber energi bagi konsumen sekunder atau dekomposer, seperti bakteri dan jamur, yang mengurai bahan organik menjadi bahan anorganik yang dapat digunakan kembali oleh tumbuhan. Rantai ini umum terjadi di ekosistem dengan banyak bahan organik mati, seperti hutan, rawa, dan perairan kaya detritus, serta menyediakan energi bagi organisme yang tidak terlibat dalam rantai makanan perumput. Contohnya adalah daun gugur → cacing tanah → burung pemakan cacing → ular.

Jaring-Jaring Makanan

Jaring-jaring makanan adalah kumpulan rantai makanan yang saling tumpang tindih dan menunjukkan kompleksitas interaksi antar spesies dalam ekosistem. Satu organisme dapat berperan sebagai mangsa bagi beberapa predator sekaligus menjadi predator bagi organisme lain, mencerminkan keanekaragaman tingkat trofik. Misalnya, dalam ekosistem laut, fitoplankton dimakan oleh zooplankton, yang dimakan oleh ikan kecil, lalu oleh ikan predator seperti tuna, dan akhirnya oleh hiu. Jaring-jaring makanan mencerminkan kenyataan bahwa ekosistem



Jaring-jaring Makanan-Pin.img.com

sangat kompleks, dengan banyak organisme memiliki lebih dari satu jalur makanan, sehingga membantu menjaga keseimbangan ekosistem meskipun salah satu jalur terganggu.

Contoh Soal

Jika dalam rantai makanan terdapat pengurangan energi sekitar 90% pada setiap tingkat trofik, fenomena ini menggambarkan...

- A. Hukum pertama termodinamika
- B. Hukum kedua termodinamika
- C. Prinsip eksklusi kompetitif
- D. Daur karbon
- E. Jaring-jaring makanan

Jawaban Benar: B. Hukum kedua termodinamika

Penjelasan:

Hukum kedua termodinamika menyatakan bahwa dalam setiap transfer energi, sebagian besar energi akan hilang dalam bentuk panas. Dalam rantai makanan, hanya sekitar 10% energi yang dapat diteruskan ke tingkat trofik berikutnya, sementara sisanya hilang dalam bentuk panas.



Biologipedia

Aliran Energi

▷ Hanya 10% Energi yang Tersisa pada Setiap Tingkat Trofik

Dalam aliran energi melalui rantai makanan, hanya sekitar 10% energi yang diteruskan dari satu tingkat trofik ke tingkat trofik berikutnya, sementara sisanya hilang dalam bentuk panas. Ini menjelaskan mengapa jumlah konsumen di tingkat trofik atas sangat sedikit.

▷ Fotosintesis Mengubah Energi Matahari Menjadi Energi Kimia

Proses fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan dan alga adalah cara utama energi matahari diubah menjadi energi kimia dalam bentuk glukosa, yang kemudian digunakan oleh organisme lain dalam ekosistem untuk bertahan hidup.

▷ Aliran Energi Melalui Jaring-Jaring Makanan Lebih Kompleks

Aliran energi dalam ekosistem tidak selalu linier. Dalam jaring-jaring makanan, satu organisme bisa menjadi konsumen primer dalam satu rantai makanan dan konsumen sekunder dalam rantai makanan lainnya, yang menciptakan hubungan energi yang lebih kompleks.





4. Konsep Piramida Ekologi dalam Interaksi Ekosistem

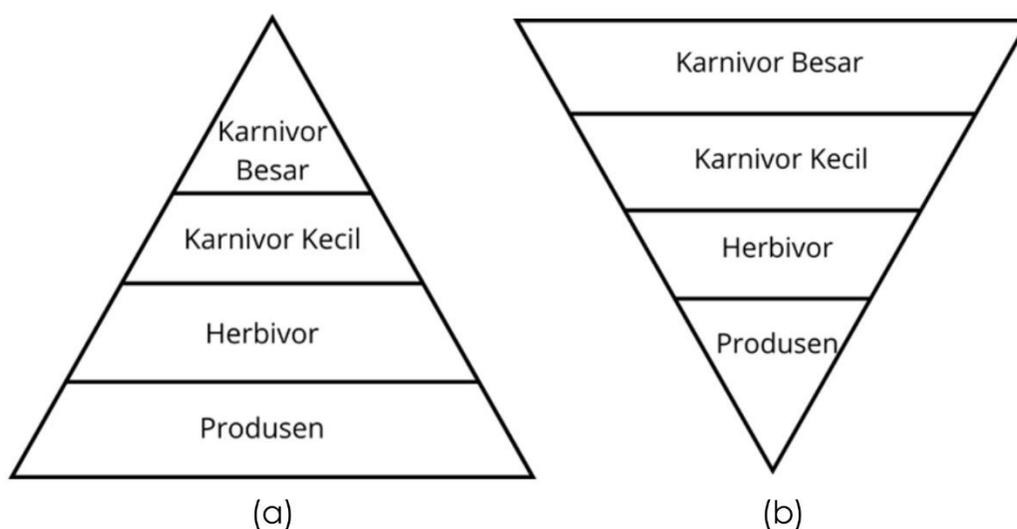
Piramida ekologi adalah representasi grafis atau diagram yang menggambarkan hubungan antara organisme dalam ekosistem berdasarkan tingkat trofik mereka. Piramida ini digunakan untuk menunjukkan distribusi jumlah individu, biomassa, atau energi di setiap tingkat trofik dalam suatu ekosistem. Konsep ini penting untuk memahami bagaimana energi dan materi bergerak melalui ekosistem dan bagaimana keberadaan organisme di setiap tingkat berinteraksi untuk mendukung keseimbangan ekosistem. Piramida ekologi dapat mengilustrasikan jumlah individu (piramida jumlah), biomassa (piramida biomassa), dan energi (piramida energi) yang ada dalam suatu ekosistem.

Piramida ekologi biasanya memiliki bentuk segitiga, dengan produsen (tumbuhan dan organisme autotrof lainnya) berada di bagian dasar piramida dan konsumen yang lebih besar dan lebih sedikit berada di bagian puncak piramida. Namun, bentuk piramida ini dapat bervariasi tergantung pada jenis piramida yang digunakan dan karakteristik ekosistem tertentu.

Piramida Jumlah

Piramida jumlah menggambarkan jumlah individu yang ada di setiap tingkat trofik dalam suatu ekosistem. Biasanya, jumlah individu di tingkat produsen jauh lebih banyak dibandingkan dengan jumlah individu di tingkat konsumen. Hal ini karena produsen (seperti tumbuhan) menyediakan makanan bagi banyak konsumen primer (seperti herbivora), dan setiap konsumen primer akan menjadi sumber makanan bagi konsumen sekunder, dan seterusnya.

Sebagai contoh, dalam ekosistem hutan, jumlah pohon yang ada di tingkat produsen akan jauh lebih banyak dibandingkan dengan jumlah herbivora (seperti kelinci atau rusa) yang memakan daun-daunan tersebut. Begitu pula, jumlah konsumen sekunder seperti serigala yang memakan kelinci akan jauh lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah kelinci itu sendiri. Piramida jumlah ini memberikan gambaran tentang hubungan jumlah antara setiap tingkat trofik, meskipun pada beberapa ekosistem tertentu, seperti ekosistem laut, piramida jumlah bisa tampak terbalik, di mana jumlah konsumen lebih banyak daripada produsen karena ukuran tubuh produsen yang kecil (fitoplankton) dan ukuran tubuh konsumen yang lebih besar.



(a) Piramida Jumlah, (b) Piramida Biomassa – Canva Studio

Piramida Biomassa

Piramida biomassa adalah representasi grafis yang menggambarkan jumlah total biomassa (atau massa kering) yang ada di setiap tingkat trofik dalam suatu ekosistem. Biomassa mengacu pada jumlah bahan organik yang terkandung dalam tubuh organisme hidup, termasuk tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Biomassa ini sangat penting dalam ekosistem karena menunjukkan jumlah energi yang tersimpan di dalamnya dan dapat dimanfaatkan oleh organisme lain.

a. Struktur Piramida Biomassa

Piramida biomassa biasanya memiliki bentuk segitiga terbalik, yang menunjukkan bahwa jumlah biomassa cenderung berkurang saat bergerak ke tingkat trofik yang lebih tinggi. Pada tingkat pertama piramida biomassa, yang berada di bagian bawah, kita menemukan produsen (seperti tumbuhan dan fitoplankton) yang menghasilkan sebagian besar biomassa di ekosistem. Selanjutnya, jumlah biomassa akan berkurang pada setiap tingkat trofik berikutnya, seperti konsumen primer (herbivora), konsumen sekunder (karnivora), dan seterusnya.

b. Kenapa Piramida Biomassa Bisa Terbalik?

Pada sebagian besar ekosistem, piramida biomassa berfungsi sesuai dengan prinsip piramida energi, di mana biomassa akan menurun pada setiap tingkat trofik yang lebih tinggi. Namun, ada beberapa ekosistem yang memiliki piramida biomassa yang terbalik. Ini biasanya terjadi pada ekosistem perairan, seperti laut atau danau.

c. Contoh Piramida Biomassa Terbalik:

- ▷ Contoh di ekosistem perairan, seperti laut, di mana fitoplankton memiliki biomassa kecil tetapi laju reproduksi tinggi, sehingga dapat mendukung konsumen primer seperti zooplankton dan ikan kecil dapat memiliki biomassa yang lebih tinggi dibandingkan dengan fitoplankton.
- ▷ Contoh di ekosistem daratan, seperti ekosistem padang rumput, di mana rumput memiliki biomassa rendah tetapi mendukung populasi besar herbivora seperti belalang atau zebra.

d. Perbedaan dengan Piramida Energi

Piramida biomassa sering kali mirip dengan **piramida energi**, tetapi perbedaannya terletak pada kenyataan bahwa biomassa tidak selalu menggambarkan aliran energi yang hilang dalam bentuk panas pada setiap tingkat trofik. Sementara piramida energi selalu terbalik (karena energi hilang dalam bentuk panas), piramida biomassa dapat beragam tergantung pada kecepatan pertumbuhan dan daur ulang biomassa di ekosistem.

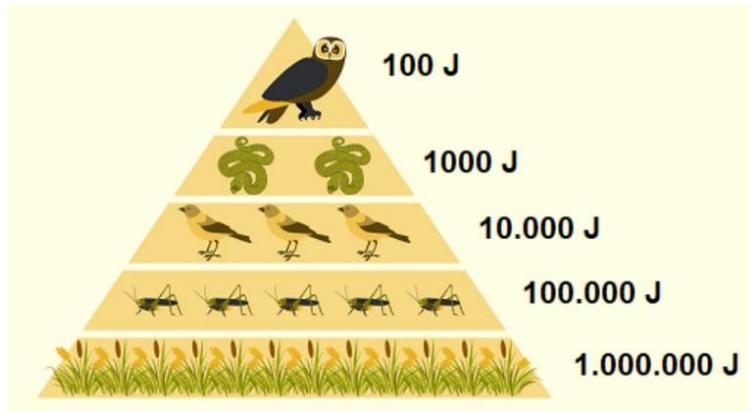
e. Pentingnya Piramida Biomassa dalam Ekosistem

- ▷ **Menunjukkan Distribusi Energi:** Piramida biomassa menggambarkan bagaimana energi tersimpan dalam berbagai tingkat trofik. Dengan mengetahui distribusi biomassa, kita bisa memahami seberapa efisien ekosistem dalam mengonversi energi matahari menjadi energi kimia yang tersimpan dalam bentuk biomassa.
- ▷ **Memperlihatkan Keberagaman Spesies:** Di ekosistem dengan piramida biomassa yang lebih besar pada tingkat produsen, keberagaman spesies biasanya lebih tinggi, karena lebih banyak sumber daya tersedia bagi berbagai spesies konsumen.
- ▷ **Perbandingan Antar Ekosistem:** Piramida biomassa juga memungkinkan perbandingan antar ekosistem. Sebagai contoh, ekosistem hutan tropis memiliki biomassa yang sangat tinggi pada tingkat produsen (tumbuhan), yang mendukung jumlah herbivora dan karnivora yang lebih tinggi.

Piramida Energi

Piramida energi menggambarkan jumlah total energi yang terkandung dalam biomassa di setiap tingkat trofik dalam suatu ekosistem. Piramida ini menggambarkan aliran energi dalam ekosistem dengan sangat jelas dan sering kali digunakan untuk menunjukkan mengapa jumlah energi di setiap tingkat trofik berkurang saat bergerak ke atas piramida. Menurut hukum kedua termodinamika, hanya sekitar 10% dari energi yang diteruskan dari satu tingkat trofik ke tingkat trofik berikutnya. Sebagian besar energi hilang dalam bentuk panas yang dihasilkan selama proses metabolisme, seperti respirasi, pergerakan, dan aktivitas lainnya.

Sebagai contoh, jika produsen mengubah 100% energi matahari menjadi energi kimia dalam bentuk glukosa melalui fotosintesis, hanya sekitar 10% energi dari produsen yang akan diteruskan ke konsumen primer yang memakan mereka. Kemudian, hanya sekitar 10% dari energi yang diteruskan dari konsumen primer ke konsumen sekunder, dan seterusnya. Energi yang hilang ini tidak dapat digunakan lagi dalam ekosistem dan sebagian besar menghilang dalam bentuk panas ke atmosfer.



Piramida Energi-cerdika.com

Contoh Soal

Piramida ekologi yang menunjukkan penurunan jumlah energi pada setiap tingkat trofik di suatu ekosistem adalah...

- A. Piramida jumlah
- B. Piramida energi
- C. Piramida biomassa
- D. Piramida makanan
- E. Piramida trofik

Jawaban Benar: B. Piramida energi

Penjelasan:

Piramida energi menggambarkan aliran energi dari satu tingkat trofik ke tingkat trofik berikutnya. Dalam piramida energi, hanya sekitar 10% energi yang diteruskan ke tingkat trofik berikutnya, sementara sisanya hilang sebagai panas. Ini menjelaskan mengapa piramida energi selalu berbentuk terbalik.

Kegiatan Praktikum

Judul: Menjelajahi Interaksi dan Aliran Energi dalam Ekosistem

Tujuan:

- 1) Mengidentifikasi komponen biotik dan abiotik di lingkungan sekitar.
- 2) Menganalisis hubungan dan interaksi antar komponen biotik.
- 3) Membuat diagram rantai makanan dan jaring-jaring makanan secara sistematis.
- 4) Menganalisis aliran energi dan posisi trofik organisme dalam ekosistem.

Alat dan Bahan:

- 1) Lembar observasi
- 2) Pensil/pena
- 3) HP berkamera (untuk dokumentasi makhluk hidup jika diizinkan)
- 4) Kompas dan termometer (jika tersedia)
- 5) Kertas karton atau kertas plano (untuk membuat media charta diagram)

Objek Ekosistem:

Kebun sekolah, taman kota, kolam, lapangan, hutan kecil, sungai kecil di sekitar sekolah

Langkah Kerja:

- 1) Pilih ekosistem di sekitar sekolah yang bisa diamati langsung (misalnya kebun, kolam, atau taman).
- 2) Amati dan catat komponen abiotik seperti suhu, cahaya matahari, jenis tanah, dan kelembapan.
- 3) Identifikasi komponen biotik, seperti tumbuhan, hewan, jamur, dan mikroorganisme. Catat nama atau jenis serta peranannya dalam ekosistem.
- 4) Amati interaksi antar makhluk hidup, seperti simbiosis (mutualisme, komensalisme, parasitisme), kompetisi, atau predasi. Catat minimal dua interaksi.
- 5) Susun rantai makanan dari organisme yang ditemukan, lalu kembangkan menjadi jaring-jaring makanan sederhana.
- 6) Gunakan informasi yang dikumpulkan untuk membuat media charta diagram rantai makanan dan jaring-jaring makanan.
- 7) Tentukan tingkat trofik (produsen, konsumen 1, 2, dst.) dan arah aliran energi.
- 8) Presentasikan hasil observasi dan charta diagram di depan kelas.

Lembar Pengamatan:

Komponen Abiotik	Komponen Biotik	Peran (Produsen/Konsumen/Pengurai)	Interaksi	Tingkat Trofik
...
...
...

Pertanyaan Reflektif:

- 1) Komponen abiotik apa saja yang paling mempengaruhi kehidupan di ekosistem yang diamati?
- 2) Organisme apa saja yang berperan sebagai produsen, konsumen, dan pengurai?
- 3) Apa bentuk interaksi makhluk hidup yang kamu temukan?
- 4) Jelaskan bagaimana energi mengalir dalam rantai makanan tersebut.
- 5) Apa yang terjadi jika salah satu organisme dalam rantai tersebut punah?
- 6) Bagaimana ekosistem ini menjaga keseimbangannya?



5. Peran Produktivitas dalam Ekosistem

Produktivitas dalam ekosistem mengacu pada laju produksi energi atau biomassa oleh organisme autotrof (produsen) dalam suatu ekosistem. Produktivitas ini sangat penting karena menentukan seberapa banyak energi yang tersedia untuk mendukung kehidupan organisme heterotrof (konsumen) yang lebih tinggi dalam rantai makanan. Secara sederhana, produktivitas mengukur kapasitas ekosistem untuk menghasilkan bahan organik, yang menjadi dasar bagi seluruh rantai makanan dan keberlangsungan hidup organisme lainnya.

Produktivitas ekosistem dapat dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu produktivitas primer dan produktivitas sekunder. Keduanya memiliki peran yang sangat berbeda dalam ekosistem, tetapi keduanya saling bergantung satu sama lain untuk mendukung kelangsungan hidup ekosistem secara keseluruhan.

Produktivitas Primer

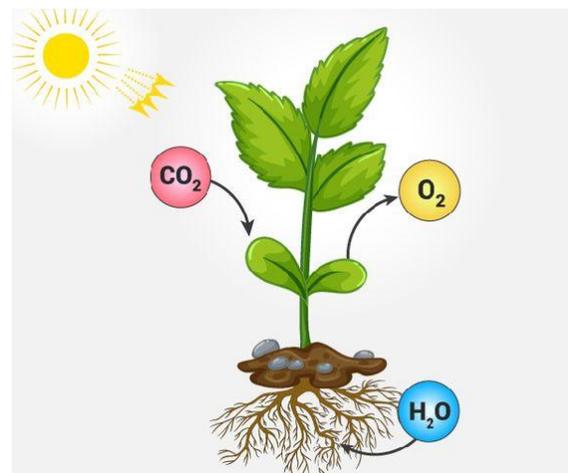
Produktivitas primer mengacu pada laju produksi energi atau biomassa oleh produsen (tumbuhan, alga, dan fitoplankton) melalui proses fotosintesis. Proses fotosintesis ini mengubah energi cahaya matahari menjadi energi kimia yang tersimpan dalam bentuk glukosa, yang kemudian menjadi sumber energi bagi konsumen dalam ekosistem. Produktivitas primer dapat dibedakan lagi menjadi produktivitas primer bruto (PPB) dan produktivitas primer neto (PPN):

a. Produktivitas Primer Bruto (PPB)

PPB mengukur total energi yang diserap oleh produsen dari matahari melalui proses fotosintesis. Ini adalah jumlah total energi yang digunakan oleh tumbuhan untuk melakukan fotosintesis dan menghasilkan bahan organik. Namun, tidak semua energi yang diserap digunakan untuk pertumbuhan atau produksi biomassa yang dapat dimanfaatkan oleh konsumen. Sebagian energi digunakan oleh tumbuhan untuk proses respirasi, yaitu untuk mempertahankan hidupnya, menggerakkan air, dan melaksanakan fungsi lainnya.

b. Produktivitas Primer Neto (PPN)

PPN adalah energi yang tersedia bagi konsumen setelah produsen menggunakan sebagian energi untuk kebutuhan hidup mereka sendiri melalui respirasi. Ini adalah energi yang tersisa yang dapat digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. PPN lebih relevan untuk mengukur ketersediaan energi yang dapat dimanfaatkan oleh organisme konsumen dalam ekosistem. PPN biasanya lebih rendah daripada PPB karena sebagian besar energi digunakan oleh produsen untuk kebutuhan metabolisme mereka sendiri.



Fotosintesis-lbbcendikia.com



Produktivitas Sekunder

Produktivitas sekunder mengacu pada laju produksi biomassa oleh konsumen (hewan, jamur, dan mikroorganisme) setelah mereka mengonsumsi produsen atau organisme lain dalam ekosistem. Produktivitas sekunder mengukur jumlah energi yang diteruskan melalui rantai makanan setelah produsen mentransfer energi kepada konsumen primer, sekunder, dan seterusnya. Produktivitas sekunder juga dibagi menjadi dua jenis:

a. Produktivitas Sekunder Bruto (PSB)

PSB mengukur total energi yang diperoleh konsumen (herbivora, karnivora, dan omnivora) dari makanan yang mereka konsumsi. PSB juga mencakup energi yang diperoleh dari makan organisme lain, tetapi tidak semua energi ini digunakan untuk pertumbuhan atau reproduksi. Sebagian energi hilang dalam bentuk panas melalui proses metabolisme, pergerakan, dan kegiatan lainnya.

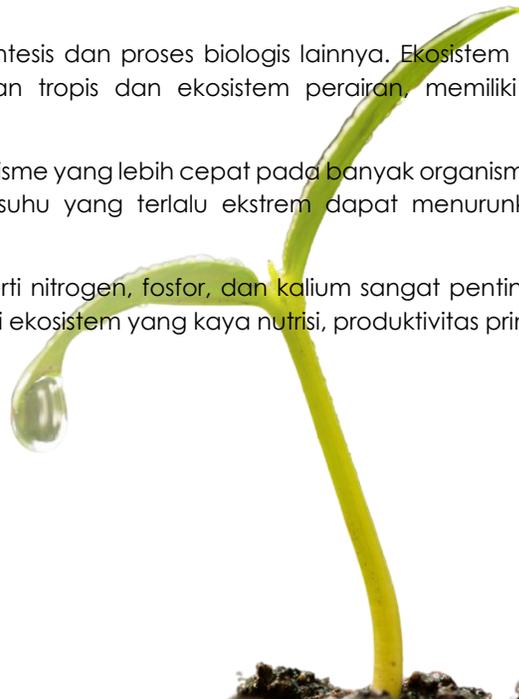
b. Produktivitas Sekunder Neto (PSN)

PSN adalah jumlah energi yang tersisa setelah konsumen menggunakan sebagian energi untuk respirasi dan aktivitas lainnya. Ini adalah energi yang tersisa untuk pertumbuhan dan reproduksi konsumen. PSN menggambarkan jumlah energi yang tersedia bagi generasi berikutnya dari spesies konsumen. Semakin efisien organisme dalam menggunakan energi yang diterimanya untuk tumbuh dan berkembang, semakin tinggi produktivitas sekunder neto mereka.

Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas

Ada banyak faktor yang mempengaruhi produktivitas ekosistem, baik produktivitas primer maupun sekunder:

- a. **Sumber Energi Matahari:** Matahari adalah sumber utama energi bagi sebagian besar ekosistem. Daerah yang mendapat lebih banyak sinar matahari, seperti daerah tropis, cenderung memiliki produktivitas primer yang lebih tinggi.
- b. **Ketersediaan Air:** Air sangat penting dalam fotosintesis dan proses biologis lainnya. Ekosistem dengan pasokan air yang melimpah, seperti hutan hujan tropis dan ekosistem perairan, memiliki tingkat produktivitas yang tinggi.
- c. **Suhu:** Suhu yang lebih hangat mendukung metabolisme yang lebih cepat pada banyak organisme, yang mendukung peningkatan produktivitas. Namun, suhu yang terlalu ekstrem dapat menurunkan laju pertumbuhan organisme.
- d. **Ketersediaan Nutrisi:** Keberadaan unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium sangat penting untuk pertumbuhan tumbuhan dan organisme lainnya. Di ekosistem yang kaya nutrisi, produktivitas primer dan sekunder akan lebih tinggi.



Contoh Soal

Produktivitas primer neto (PPN) menggambarkan...

- A. Energi total yang diserap oleh produsen melalui fotosintesis
- B. Energi yang tersedia untuk konsumen setelah digunakan oleh produsen untuk respirasi
- C. Total biomassa yang dihasilkan oleh produsen
- D. Laju pertumbuhan populasi konsumen sekunder
- E. Jumlah energi yang hilang dalam bentuk panas pada setiap tingkat trofik

Jawaban Benar: B. Energi yang tersedia untuk konsumen setelah digunakan oleh produsen untuk respirasi

Penjelasan:

Produktivitas primer neto (PPN) adalah jumlah energi yang tersisa setelah produsen menggunakan sebagian besar energi untuk proses respirasi mereka. Energi yang tersisa ini kemudian dapat digunakan oleh konsumen dalam ekosistem.



Biologipedia

Produktivitas

▷ Produktivitas Primer Bruto (PPB) Terjadi di Daerah Tropis

Ekosistem tropis memiliki tingkat produktivitas primer bruto yang sangat tinggi, karena intensitas sinar matahari yang konstan dan ketersediaan air yang melimpah sepanjang tahun mendukung pertumbuhan tanaman yang sangat produktif.

▷ Produktivitas Sekunder Dipengaruhi oleh Ketersediaan Makanan

Produktivitas sekunder dalam ekosistem bergantung pada ketersediaan makanan yang dapat dimanfaatkan oleh konsumen. Di ekosistem yang kaya akan herbivora, konsumen sekunder (karnivora) akan memiliki tingkat produktivitas yang lebih tinggi.

▷ Ekosistem Laut Sangat Produktif Meski Memiliki Biomassa Kecil

Di ekosistem laut, fitoplankton menghasilkan energi dalam jumlah besar melalui fotosintesis, meskipun memiliki biomassa yang kecil. Ini mendukung rantai makanan laut yang sangat produktif meskipun biomassa konsumen lebih rendah.





6. Perputaran Unsur-Unsur dalam Ekosistem

Daur biogeokimia adalah proses perputaran atau sirkulasi unsur-unsur kimia penting dalam ekosistem antara komponen biotik dan abiotik. Unsur-unsur kimia ini, seperti karbon, nitrogen, fosfor, belerang, dan air, sangat penting untuk mendukung kehidupan. Daur biogeokimia memastikan bahwa elemen-elemen ini tidak hilang dari ekosistem, tetapi berputar secara berkelanjutan, sehingga mendukung proses kehidupan, pertumbuhan, dan regenerasi organisme dalam ekosistem.

Setiap elemen dalam daur biogeokimia memiliki jalur pergerakan yang berbeda, tetapi semua elemen tersebut melalui proses yang sama, yaitu transfer antara atmosfer, tanah, air, dan organisme hidup. Daur biogeokimia ini memastikan bahwa energi dan materi tetap berputar dalam ekosistem dan mendukung keberlangsungan hidupnya. Tanpa adanya daur biogeokimia, ekosistem akan kehabisan bahan-bahan penting yang dibutuhkan untuk kehidupan.

Daur Karbon

Karbon adalah unsur kimia yang sangat penting dalam kehidupan karena membentuk banyak molekul organik yang digunakan oleh organisme hidup. Daur karbon menggambarkan sirkulasi karbon antara atmosfer, biosfer (makhluk hidup), hidrosfer (air), dan litosfer (tanah dan batuan).

a. Proses Utama dalam Daur Karbon

- ▷ Fotosintesis: Tumbuhan hijau, alga, dan fitoplankton menggunakan karbon dioksida (CO_2) yang ada di atmosfer untuk membuat glukosa selama proses fotosintesis. Proses ini mengubah karbon dioksida menjadi bentuk energi kimia yang dapat digunakan oleh organisme lain.

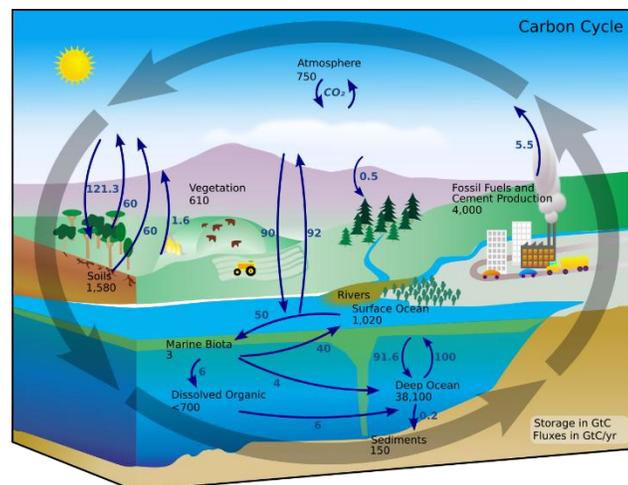


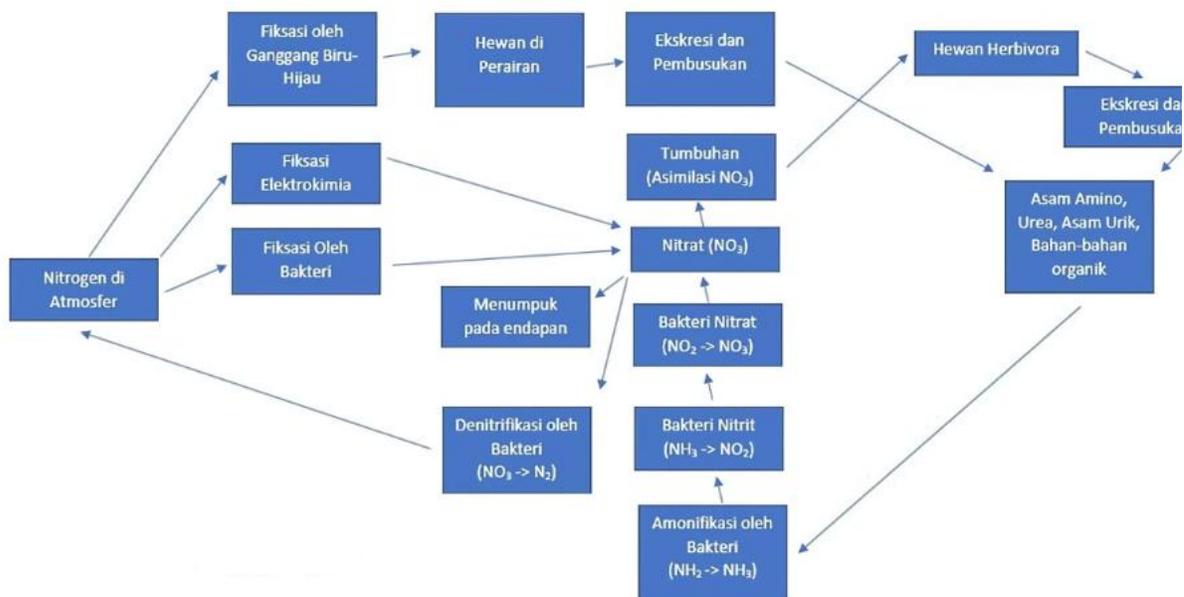
Diagram dari Siklus Karbon – Wikipedia.org

- ▷ Respirasi: Semua organisme, baik tumbuhan, hewan, maupun mikroorganisme, melepaskan karbon dioksida kembali ke atmosfer melalui respirasi, yaitu proses pernapasan sel untuk menghasilkan energi.
- ▷ Pembakaran Bahan Bakar Fosil: Aktivitas manusia yang membakar bahan bakar fosil (seperti minyak, batu bara, dan gas alam) melepaskan karbon dioksida ke atmosfer. Proses ini berkontribusi pada peningkatan konsentrasi CO_2 di atmosfer, yang dapat menyebabkan perubahan iklim.
- ▷ Dekompisis dan Pembusukan: Ketika organisme mati, mikroorganisme dekomposer menguraikan tubuh organisme dan melepaskan karbon dalam bentuk gas CO_2 ke atmosfer.

b. Peran Daur Karbon dalam Ekosistem

Daur karbon mengatur jumlah karbon di dalam atmosfer, yang memiliki dampak besar terhadap iklim bumi. Peningkatan konsentrasi karbon dioksida di atmosfer akibat aktivitas manusia (seperti pembakaran bahan bakar fosil) berkontribusi pada pemanasan global, yang dapat merusak keseimbangan ekosistem secara global.

Daur Nitrogen



Daur Nitrogen-foresteract.com

Nitrogen adalah elemen penting dalam pembentukan asam amino, protein, dan asam nukleat, yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Namun, sebagian besar nitrogen di atmosfer (sekitar 78%) berada dalam bentuk gas nitrogen (N₂), yang tidak dapat digunakan langsung oleh organisme.

a. Proses Utama dalam Daur Nitrogen

- ▷ **Fiksasi Nitrogen:** Beberapa bakteri tertentu, baik yang hidup bebas di tanah maupun yang bersimbiosis dengan akar tanaman legum, dapat mengubah gas nitrogen (N₂) di atmosfer menjadi senyawa amonia (NH₃) yang dapat digunakan oleh tanaman. Proses ini disebut fiksasi nitrogen.
- ▷ **Nitrifikasi:** Proses ini melibatkan bakteri nitrifikasi yang mengubah amonia menjadi nitrit (NO₂) dan kemudian menjadi nitrat (NO₃), yang lebih mudah diserap oleh tanaman.
- ▷ **Denitrifikasi:** Bakteri denitrifikasi mengubah nitrat kembali menjadi gas nitrogen (N₂), yang dilepaskan ke atmosfer, sehingga menyelesaikan siklus nitrogen.
- ▷ **Ammonifikasi:** Ketika organisme mati atau mengeluarkan limbah, mikroorganisme menguraikan bahan organik dan mengubahnya menjadi amonia (NH₃) yang bisa digunakan oleh tanaman.

b. Peran Daur Nitrogen dalam Ekosistem

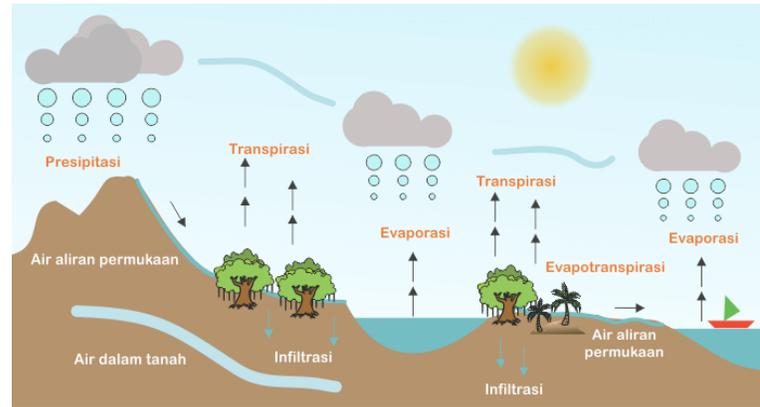
Daur nitrogen sangat penting untuk memastikan bahwa tanaman dapat memperoleh nitrogen yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya. Tanpa adanya fiksasi nitrogen, tanaman akan kekurangan unsur penting ini. Selain itu, gangguan terhadap daur nitrogen akibat penggunaan pupuk nitrogen secara berlebihan dapat menyebabkan polusi nitrogen di perairan dan merusak ekosistem akuatik (eutrofikasi).

Daur Air

Air adalah komponen vital bagi semua makhluk hidup dan memainkan peran penting dalam banyak proses biologi, seperti fotosintesis, transportasi zat, dan pengaturan suhu tubuh. Daer air menggambarkan pergerakan air melalui atmosfer, tanah, dan organisme hidup dalam bentuk uap, cair, atau es.

a. Proses Utama dalam Daer Air

- ▷ **Evaporasi:** Proses penguapan air dari permukaan laut, sungai, dan danau ke atmosfer.
- ▷ **Transpirasi:** Proses pelepasan uap air oleh tumbuhan melalui stomata mereka ke atmosfer.
- ▷ **Kondensasi:** Uap air di atmosfer mengembun menjadi awan.
- ▷ **Presipitasi:** Awan yang terbentuk akhirnya mengeluarkan air dalam bentuk hujan, salju, atau embun, yang jatuh kembali ke permukaan bumi.
- ▷ **Infiltrasi dan Perkolasi:** Air yang jatuh ke permukaan bumi akan meresap ke dalam tanah, sebagian besar kemudian mengalir ke sungai, danau, dan laut melalui proses perkolasi.



Siklus Air-siswapedia.com

b. Peran Daer Air dalam Ekosistem

Daer air sangat penting karena air adalah sumber utama kehidupan. Tanpa daer air yang efektif, ekosistem akan mengalami kekurangan air, yang dapat menyebabkan kekeringan dan mengganggu kelangsungan hidup organisme. Selain itu, daer air juga mempengaruhi iklim dan pola cuaca global.

Daur Fosfor

Fosfor adalah unsur penting yang ditemukan dalam DNA, RNA, dan ATP, serta penting untuk pertumbuhan tanaman. Fosfor tidak ada dalam bentuk gas di atmosfer, sehingga ia berputar melalui ekosistem lebih lambat dibandingkan dengan unsur-unsur lainnya seperti karbon atau nitrogen.

a. Proses Utama dalam Daer Fosfor

- ▷ **Pelapukan Batuan:** Fosfor berasal dari batuan fosfat yang peluruhannya menyediakan fosfor dalam bentuk ion fosfat (PO_4^{3-}) yang dapat diserap oleh tanaman.



- ▷ **Penyerapan oleh Tanaman:** Tanaman menyerap ion fosfat melalui akarnya dari tanah untuk digunakan dalam pembentukan protein, asam nukleat, dan molekul penting lainnya.

- ▷ **Transfer dalam Rantai Makanan:** Fosfor diteruskan melalui rantai makanan ketika konsumen makan tanaman atau hewan yang mengandung fosfor.

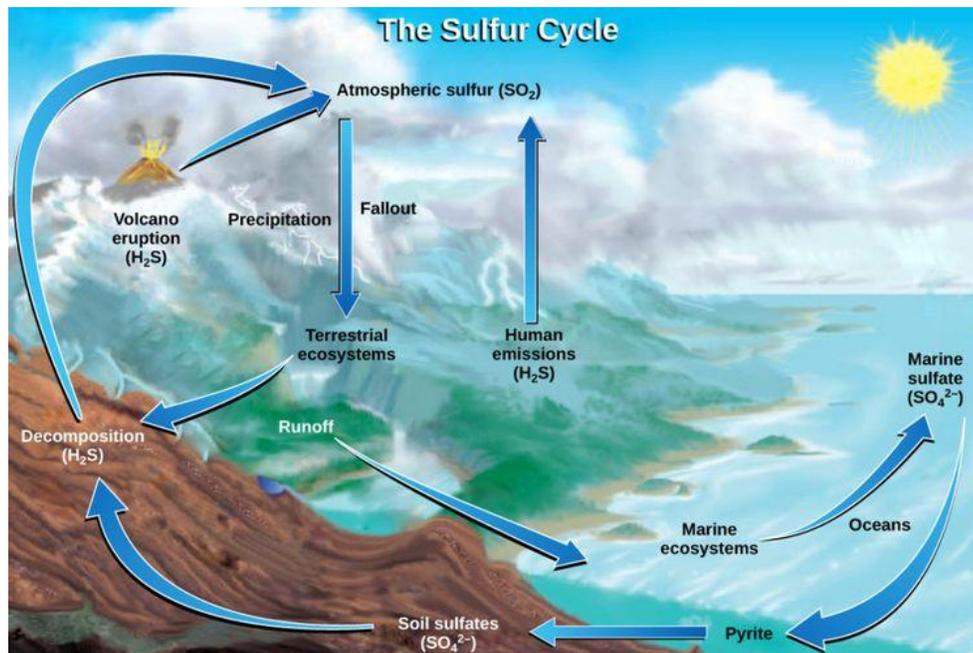
- ▷ **Kembalinya Fosfor ke Tanah:** Setelah organisme mati atau menghasilkan limbah, fosfor kembali ke tanah melalui dekomposisi, yang memungkinkan siklus fosfor berlanjut.

Siklus Fosfor-siswapedia.com

b. Peran Daur Fosfor dalam Ekosistem

Fosfor sangat penting untuk pertumbuhan tanaman dan perkembangan organisme lain. Kekurangan fosfor dapat menghambat pertumbuhan tanaman, sementara kelebihan fosfor, sering kali karena penggunaan pupuk fosfat berlebihan, dapat menyebabkan eutrofikasi di perairan, yang merusak ekosistem akuatik.

Daur Belerang



Siklus Daur Sulfur-kompas.com

Belerang merupakan unsur yang diperlukan oleh tumbuhan untuk sintesis asam amino dan enzim. Belerang biasanya ada dalam bentuk senyawa sulfat (SO_4^{2-}) yang diserap oleh tanaman.

a. Proses Utama dalam Daur Belerang

- ▷ Volkanisme: Aktivitas vulkanik melepaskan gas belerang (seperti H_2S) ke atmosfer.
- ▷ Transformasi dalam Atmosfer: Gas belerang yang terlepas ke atmosfer akan teroksidasi menjadi sulfur dioksida (SO_2) dan kemudian menjadi asam sulfat (H_2SO_4) yang terbawa oleh hujan.
- ▷ Penyerapan oleh Tanaman: Tanaman menyerap senyawa sulfat dari tanah, yang kemudian digunakan dalam sintesis protein.
- ▷ Dekomposisi: Setelah organisme mati, proses dekomposisi oleh mikroorganisme akan mengubah senyawa organik yang mengandung belerang menjadi bentuk sulfat yang kembali ke tanah dan air.

b. Peran Daur Belerang dalam Ekosistem

Daur belerang penting untuk sintesis senyawa organik yang digunakan oleh tumbuhan. Selain itu, belerang juga mempengaruhi pH tanah dan air. Gangguan dalam daur belerang, terutama karena polusi industri, dapat menyebabkan hujan asam yang merusak tanaman, tanah, dan ekosistem akuatik.

Contoh Soal

Fiksasi nitrogen dalam daur nitrogen mengacu pada...

- A. Proses pengubahan nitrogen di atmosfer menjadi amonia yang dapat digunakan oleh tanaman
- B. Proses penguraian bahan organik mati oleh dekomposer
- C. Pengembalian nitrat ke atmosfer oleh bakteri denitrifikasi
- D. Penyerapan nitrogen oleh hewan dalam rantai makanan
- E. Proses pengendapan nitrogen dalam bentuk fosfat di dasar perairan

Jawaban Benar: A. Proses pengubahan nitrogen di atmosfer menjadi amonia yang dapat digunakan oleh tanaman

Penjelasan:

Fiksasi nitrogen adalah proses yang mengubah nitrogen gas (N_2) yang ada di atmosfer menjadi bentuk senyawa amonia (NH_3) yang dapat diserap oleh tanaman. Proses ini terjadi melalui bakteri yang berfiksasi nitrogen, baik yang hidup bebas di tanah atau yang bersimbiosis dengan akar tanaman legum.

Rangkuman

Komponen ekosistem dibagi menjadi dua, yaitu komponen abiotik (seperti suhu, cahaya, dan air) yang mempengaruhi kondisi fisik ekosistem, serta komponen biotik (makhluk hidup) yang berinteraksi dalam rantai makanan dan berbagai hubungan ekologis lainnya. Interaksi antar komponen ekosistem, seperti kompetisi dan hubungan mutualisme, memainkan peran kunci dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Kompetisi, baik intraspesifik (antara individu dalam spesies yang sama) maupun interspesifik (antara spesies yang berbeda), dapat mempengaruhi distribusi dan kelangsungan hidup spesies di dalam ekosistem.

Energi dalam ekosistem mengalir melalui rantai makanan, dan hanya sebagian kecil energi yang diteruskan ke tingkat trofik berikutnya, sesuai dengan hukum termodinamika. Piramida ekologi menggambarkan distribusi energi, biomassa, dan jumlah individu di setiap tingkat trofik. Produktivitas ekosistem, baik primer maupun sekunder, menunjukkan kemampuan ekosistem dalam menghasilkan dan mendistribusikan energi untuk mendukung kehidupan. Daur biogeokimia, seperti daur karbon, nitrogen, dan fosfor, mengatur perputaran unsur-unsur kimia yang penting untuk kelangsungan hidup organisme. Proses ini memastikan bahwa bahan-bahan organik dan anorganik dapat digunakan kembali dalam ekosistem.

Secara keseluruhan, pemahaman tentang komponen ekosistem, aliran energi, interaksi antar spesies, dan daur biogeokimia adalah dasar untuk memahami bagaimana ekosistem berfungsi dan bagaimana keseimbangannya dapat terjaga untuk mendukung kehidupan di Bumi.

Latihan Soal

1. Di suatu ekosistem hutan tropis, burung pemakan biji bersaing dengan tupai untuk mendapatkan makanan yang sama. Namun, keduanya memiliki adaptasi yang memungkinkan mereka memanfaatkan sumber daya secara berbeda. Berdasarkan informasi tersebut, apa yang dapat diimplikasikan tentang **niche** kedua spesies tersebut?
 - A. Kedua spesies ini memiliki niche yang sama, karena mereka mengonsumsi makanan yang sama.
 - B. Kedua spesies ini memiliki niche yang tumpang tindih, tetapi keduanya dapat bertahan karena memanfaatkan sumber daya dengan cara yang berbeda.
 - C. Burung dan tupai tidak memiliki niche sama sekali dalam ekosistem ini.
 - D. Burung dan tupai memiliki niche yang terpisah dan tidak saling mempengaruhi.
 - E. Tupai adalah spesies yang lebih efisien dan akan mengalahkan burung dalam persaingan untuk mendapatkan sumber daya.
2. Jika dalam suatu ekosistem, peningkatan suhu global menyebabkan perubahan besar dalam distribusi spesies dan mempengaruhi hasil fotosintesis tumbuhan, proses apakah yang menunjukkan dampak perubahan ini terhadap ekosistem?
 - A. Daur fosfor
 - B. Aliran energi
 - C. Daur air
 - D. Daur karbon
 - E. Niche ekologis
3. Sebuah ekosistem perairan terancam karena polusi yang menyebabkan peningkatan kadar karbon dioksida. Dampak utama dari peningkatan karbon dioksida terhadap ekosistem tersebut adalah...
 - A. Penurunan kadar oksigen dalam air yang mempengaruhi organisme akuatik.
 - B. Peningkatan fotosintesis pada tanaman akuatik dan fitoplankton.
 - C. Penurunan suhu air yang memengaruhi suhu tubuh organisme.
 - D. Penurunan laju respirasi pada konsumen primer.
 - E. Perubahan pH air yang dapat merusak keseimbangan ekosistem.
4. Dalam sebuah ekosistem padang rumput, serangga pemakan tumbuhan (herbivora) menjadi lebih banyak dibandingkan dengan jumlah tumbuhan yang mereka konsumsi. Apa yang dapat dijelaskan mengenai keseimbangan ekosistem ini?
 - A. Populasi herbivora menghabiskan semua sumber daya tumbuhan yang tersedia.
 - B. Tumbuhan beradaptasi dengan cepat untuk meningkatkan populasi mereka.
 - C. Jumlah herbivora akan menurun karena kekurangan sumber daya.
 - D. Ekosistem ini mencapai keseimbangan dengan stabil antara herbivora dan tumbuhan.
 - E. Ekosistem ini akan bertransisi menjadi ekosistem baru tanpa tumbuhan.

5. Ketika populasi predator di suatu ekosistem berkurang secara drastis, dampak jangka panjang yang mungkin terjadi adalah...
- A. Peningkatan jumlah spesies mangsa yang sebelumnya dimangsa oleh predator.
 - B. Penurunan jumlah produsen yang bergantung pada predator.
 - C. Keseimbangan energi dalam rantai makanan akan tetap stabil.
 - D. Kenaikan jumlah detritivor yang mempengaruhi proses dekomposisi.
 - E. Peningkatan konsentrasi bahan organik di dalam ekosistem.
6. Dalam ekosistem laut, fitoplankton menjadi produsen utama yang mendukung kehidupan berbagai organisme. Jika konsentrasi nutrisi (seperti nitrogen) meningkat drastis, apa yang dapat terjadi dalam ekosistem tersebut?
- A. Peningkatan produktivitas primer dan stabilitas ekosistem.
 - B. Penurunan keberagaman spesies akibat eutrofikasi.
 - C. Peningkatan jumlah predator yang memakan fitoplankton.
 - D. Penurunan jumlah fitoplankton karena kekurangan sumber daya.
 - E. Peningkatan kualitas air laut yang mendukung kehidupan semua spesies.
7. Jika dalam suatu ekosistem, spesies pengurai (dekomposer) sangat banyak dan memiliki peran penting dalam mendaur ulang bahan organik, apa yang akan terjadi jika populasi dekomposer menurun drastis?
- A. Keberagaman spesies tanaman akan meningkat.
 - B. Proses siklus materi akan terganggu dan menyebabkan penurunan kualitas tanah.
 - C. Peningkatan jumlah detritivor yang mempercepat dekomposisi.
 - D. Keseimbangan energi dalam rantai makanan akan tetap terjaga.
 - E. Populasi konsumen primer akan meningkat karena adanya lebih banyak bahan organik.

**Akses latihan soal
lainnya di sini yuk!**



Referensi

- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of Ecology* (3rd ed.). Saunders.
- Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology: From Individuals to Ecosystems* (4th ed.). Blackwell Publishing.
- Krebs, C. J. (2009). *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance* (6th ed.). Pearson.
- Ricklefs, R. E. (2008). *The Economy of Nature* (6th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Schlesinger, W. H. (1997). *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change* (2nd ed.). Academic Press.
- Smith, T. M., & Smith, R. L. (2012). *Ecology and Field Biology* (9th ed.). Pearson.
- Tilman, D. (1982). *Resource Competition and Community Structure*. Princeton University Press.
- Paine, R. T. (1980). Food Webs: Linkage, Interaction Strength and Community Infrastructure. *Journal of Animal Ecology*, 49(2), 667-685. <https://doi.org/10.2307/4207>
- Hays, G. C. (2003). *The Ecology of Marine Life: Exploring the Ocean Ecosystem*. Cambridge University Press.
- Gurevitch, J., Scheiner, S. M., & Fox, G. A. (2006). *The Ecology of Plants* (2nd ed.). Sinauer Associates.

BAB 5:

PERUBAHAN DAN PELESTARIAN LINGKUNGAN HIDUP

Karakter Pelajar Pancasila

Bernalar Kritis, Mandiri, Peduli Lingkungan

Kata Kunci: Pencemaran, Limbah, Daur ulang, Solusi lingkungan, Efek udara

Tujuan Pembelajaran: Identifikasi dan Penanganan Pencemaran Lingkungan

1. Menganalisis serta Menyampaikan Solusi terhadap Perubahan Lingkungan

- ▷ Mengidentifikasi perubahan lingkungan yang terjadi di sekitar mereka.
- ▷ Menganalisis penyebab dan dampak dari perubahan lingkungan tersebut.
- ▷ Menyusun serta mengajukan gagasan atau solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan lingkungan di daerahnya.

2. Mengidentifikasi Berbagai Jenis Limbah Penyebab Pencemaran

- ▷ Mengenali jenis-jenis limbah yang berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan.
- ▷ Membedakan limbah berdasarkan sifat dan sumbernya.

▷ Memahami bagaimana limbah dapat mencemari lingkungan dan ekosistem.

3. Memprediksi Dampak Negatif Pencemaran Udara terhadap Atmosfer dan Bumi

▷ Menjelaskan faktor-faktor penyebab pencemaran udara.

▷ Memahami efek rumah kaca, pemanasan global, dan hujan asam sebagai akibat pencemaran udara.

▷ Menganalisis dampak jangka panjang pencemaran udara terhadap kehidupan manusia dan lingkungan.

4. Menjelaskan Metode Penanganan Berbagai Jenis Limbah

▷ Menjelaskan cara pengolahan dan pengelolaan limbah berdasarkan jenisnya (cair, gas, padat, dan B3).

▷ Mempelajari strategi pencegahan pencemaran dari limbah berbahaya.

▷ Mengembangkan kebiasaan dan solusi ramah lingkungan dalam menangani limbah.

5. Melakukan Daur Ulang Limbah untuk Pemanfaatan Kembali

▷ Menjelaskan konsep daur ulang dan manfaatnya bagi lingkungan.

▷ Mengembangkan keterampilan dalam mengolah limbah menjadi produk yang bermanfaat.

▷ Menerapkan teknik daur ulang dalam kehidupan sehari-hari untuk mengurangi dampak pencemaran.



F I T R I



1. Dinamika Keseimbangan Lingkungan Hidup

Lingkungan hidup adalah sistem yang kompleks dan saling bergantung antara berbagai komponen biotik (makhluk hidup) dan abiotik (komponen non-hidup seperti udara, air, tanah, dan iklim). Keseimbangan lingkungan merupakan kondisi di mana semua komponen ekosistem bekerja bersama secara harmonis untuk memastikan kelangsungan hidup makhluk hidup di dalamnya. Ketika keseimbangan ini terganggu, maka berbagai masalah lingkungan dapat terjadi yang berujung pada penurunan kualitas hidup dan kerusakan ekosistem.



Perubahan Lingkungan Akibat Sampah-mongabay.co.id

Keseimbangan Ekosistem

Ekosistem adalah hubungan timbal balik antara organisme hidup dan lingkungannya. Keseimbangan dalam ekosistem terjadi ketika semua komponen ini saling berinteraksi dalam cara yang mendukung kelangsungan hidup satu sama lain. Keseimbangan ini meliputi beberapa aspek:

- a. **Aliran Energi:** Energi dalam ekosistem mengalir melalui rantai makanan, dimulai dari produsen (tumbuhan) yang menghasilkan energi melalui fotosintesis, hingga konsumen (herbivora, karnivora) yang memanfaatkan energi tersebut. Jika ada gangguan, seperti berkurangnya jumlah produsen (misalnya akibat deforestasi), maka rantai makanan dan aliran energi akan terganggu.
- b. **Perputaran Materi:** Nutrisi dan bahan organik berputar dalam ekosistem melalui siklus biogeokimia (siklus karbon, nitrogen, fosfor, dll.). Jika siklus ini terganggu, misalnya oleh pencemaran atau penggunaan pestisida, maka keseimbangan dalam proses alam ini akan terhambat.
- c. **Siklus Hidup Organisme:** Setiap makhluk hidup dalam ekosistem memiliki peran penting, baik sebagai produsen, konsumen, atau pengurai. Jika satu spesies terganggu populasinya atau punah, maka spesies lain yang bergantung padanya juga akan terpengaruh.

Perubahan Lingkungan Hidup

Perubahan lingkungan bisa terjadi baik secara alami maupun sebagai akibat dari aktivitas manusia. Perubahan ini bisa terjadi secara bertahap dalam waktu yang sangat lama atau bisa juga terjadi secara cepat, tergantung pada jenis perubahannya. Terkadang perubahan ini bersifat positif dan mengarah pada perkembangan ekosistem, namun lebih sering perubahan yang terjadi justru merusak keseimbangan lingkungan.

Faktor-faktor Penyebab Perubahan Lingkungan:

a. Faktor Alamiah

Perubahan yang terjadi karena faktor alamiah cenderung tidak bisa dihindari dan terjadi secara alami dalam waktu panjang. Beberapa contoh faktor alamiah adalah:

- ▷ **Bencana Alam:** Gempa bumi, tsunami, letusan gunung berapi, dan kebakaran hutan alami dapat mengubah lanskap dan ekosistem secara drastis.
- ▷ **Perubahan Iklim Alami:** Proses perubahan iklim yang terjadi dalam periode waktu panjang, seperti masa es (glacial periods) atau pemanasan global alami.
- ▷ **Penyakit atau Serangan Hama Alami:** Epidemik penyakit atau serangan hama pada tumbuhan dan hewan dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem, seperti yang terjadi pada hutan akibat serangan kumbang perusak kayu.



Kerusakan Lingkungan Akibat Ulah Manusia-kids.grid.id

b. Faktor Antropogenik (Aktivitas Manusia)

Aktivitas manusia memiliki dampak yang lebih besar dan sering kali lebih cepat mengubah lingkungan. Aktivitas-aktivitas ini dapat mempengaruhi lingkungan dalam berbagai cara, baik langsung maupun tidak langsung, dan sering kali menimbulkan dampak negatif yang bertahan lama. Beberapa contoh perubahan lingkungan yang disebabkan oleh manusia antara lain:

- ▷ **Deforestasi:** Penebangan hutan secara besar-besaran untuk kepentingan pertanian, perkebunan, atau pemukiman menyebabkan hilangnya habitat alami dan meningkatkan emisi karbon dioksida ke atmosfer.
- ▷ **Urbanisasi dan Industrialisasi:** Pertumbuhan kota yang cepat menyebabkan konversi lahan pertanian menjadi pemukiman, industri, dan infrastruktur. Ini mengakibatkan kehilangan keanekaragaman hayati dan peningkatan polusi udara dan air.
- ▷ **Polusi:** Aktivitas industri dan transportasi menghasilkan limbah berbahaya yang mencemari udara, air, dan tanah. Polusi yang tak terkendali menyebabkan kerusakan ekosistem dan mengancam kesehatan manusia.
- ▷ **Perubahan Iklim Global:** Peningkatan emisi gas rumah kaca akibat aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil menyebabkan pemanasan global, yang berdampak pada perubahan pola cuaca, naiknya permukaan air laut, dan gangguan ekosistem alami.

Dampak Perubahan Lingkungan

Perubahan lingkungan, baik yang disebabkan oleh faktor alamiah maupun manusia, memiliki berbagai dampak yang luas terhadap kehidupan di Bumi. Dampak tersebut bisa terlihat dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk:

- a. Perubahan Iklim:** Pemanasan global akibat peningkatan gas rumah kaca menyebabkan perubahan iklim yang dapat mempengaruhi pola cuaca di seluruh dunia. Dampak dari perubahan iklim ini meliputi peningkatan suhu rata-rata global, perubahan pola hujan, pencairan es di kutub, serta peningkatan kejadian cuaca ekstrem seperti banjir, kekeringan, dan badai.
- b. Kehilangan Keanekaragaman Hayati:** Deforestasi, perburuan liar, dan polusi menyebabkan hilangnya habitat alami bagi berbagai spesies, yang mengarah pada kepunahan spesies dan menurunnya keanekaragaman hayati. Keanekaragaman hayati yang tinggi sangat penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan ketahanan lingkungan.
- c. Kerusakan Ekosistem:** Perubahan lingkungan dapat merusak berbagai ekosistem alami seperti hutan, terumbu karang, padang rumput, dan ekosistem air tawar. Kerusakan ekosistem ini mengurangi kemampuan alam untuk menyaring polutan, mengatur iklim, serta menyediakan sumber daya alam yang dibutuhkan manusia dan makhluk hidup lainnya.
- d. Kesehatan Manusia:** Pencemaran udara dan air yang disebabkan oleh aktivitas manusia berdampak langsung pada kesehatan manusia, menyebabkan penyakit pernapasan, kanker, serta gangguan pada sistem saraf dan organ tubuh lainnya. Kualitas udara yang buruk juga mempengaruhi kualitas hidup manusia, terutama di daerah perkotaan yang padat penduduk.

Upaya Memulihkan Keseimbangan Lingkungan

Untuk menjaga keseimbangan lingkungan dan mengurangi dampak negatif dari perubahan lingkungan, kita perlu melakukan upaya pelestarian dan mitigasi. Beberapa langkah yang dapat diambil antara lain:

- a. Pengelolaan Sumber Daya Alam yang Berkelanjutan:** Memanfaatkan sumber daya alam secara bijaksana dan tidak berlebihan, agar dapat terus mendukung kehidupan tanpa merusak lingkungan.
- b. Penerapan Teknologi Ramah Lingkungan:** Menggunakan teknologi yang minim dampak negatif terhadap lingkungan, seperti energi terbarukan (solar, angin), kendaraan listrik, dan teknologi pengolahan limbah yang efisien.

- c. **Rehabilitasi Ekosistem yang Rusak:** Melakukan restorasi pada ekosistem yang telah rusak atau terganggu, seperti penghijauan, reboisasi, dan konservasi habitat alam.
- d. **Pendidikan dan Kesadaran Lingkungan:** Meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya menjaga keseimbangan lingkungan dan perlunya berperan aktif dalam pelestarian alam.

Contoh Soal

Perubahan lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti deforestasi dapat menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem. Salah satu dampak jangka panjang dari deforestasi adalah...

- A. Peningkatan kadar oksigen di atmosfer
- B. Penurunan kualitas tanah dan keberagaman hayati
- C. Terjadinya pengurangan suhu global
- D. Meningkatnya populasi hewan liar
- E. Terbentuknya area pertanian yang lebih luas

Jawaban Benar: B. Penurunan kualitas tanah dan keberagaman hayati

Penjelasan:

Deforestasi mengurangi jumlah pohon yang berfungsi menyerap karbon dioksida dan menghasilkan oksigen. Selain itu, kehilangan hutan juga menyebabkan penurunan kualitas tanah (erosi, kehilangan kesuburan tanah) dan mengancam keberagaman hayati, karena banyak spesies kehilangan habitat alami mereka.



Biologipedia

Keseimbangan dan Perubahan Lingkungan Hidup

▷ Hutan Tropis Menyumbang 20% Oksigen Bumi

Hutan tropis, seperti Amazon di Amerika Selatan, menghasilkan sekitar 20% oksigen dunia, yang sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia dan hewan. Deforestasi di hutan tropis dapat mengganggu keseimbangan oksigen ini, berpotensi menyebabkan penurunan kualitas udara.

▷ Polusi Plastik Meningkat Setiap Tahun

Diperkirakan lebih dari 8 juta ton plastik dibuang ke laut setiap tahun. Plastik membutuhkan ratusan tahun untuk terurai, sehingga menyebabkan gangguan besar bagi kehidupan laut dan merusak ekosistem pesisir.

▷ Perubahan Iklim Mengubah Distribusi Hewan

Perubahan iklim menyebabkan banyak spesies hewan berpindah dari habitat aslinya. Misalnya, beberapa spesies ikan telah bergerak ke perairan yang lebih dingin akibat meningkatnya suhu laut. Perpindahan ini mempengaruhi keseimbangan ekosistem laut.





2. Jenis Pencemaran Lingkungan Hidup

Pencemaran lingkungan adalah perubahan pada komponen-komponen alam (udara, air, tanah, dan suara) yang terjadi karena adanya bahan atau energi yang masuk ke dalamnya, yang mengakibatkan gangguan atau kerusakan pada ekosistem dan makhluk hidup. Pencemaran dapat disebabkan oleh aktivitas manusia yang tidak ramah lingkungan, tetapi juga dapat terjadi secara alami. Namun, pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas manusia lebih sering berdampak besar dan lebih cepat, mengarah pada kerusakan ekosistem yang parah. Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), limbah didefinisikan sebagai sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Limbah dapat berupa bahan, zat, atau komponen lain yang tidak lagi digunakan, baik yang berasal dari kegiatan industri, rumah tangga, pertanian, maupun kegiatan lainnya.

Menurut Undang-Undang No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran lingkungan hidup didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Dengan kata lain, pencemaran terjadi ketika aktivitas manusia mengubah keseimbangan alam, baik melalui limbah, emisi, atau aktivitas lainnya, sehingga lingkungan tidak lagi mampu mendukung kehidupan secara optimal.

Pencemaran Udara

Udara adalah sumber kehidupan yang paling mendasar. Setiap detik, kita menghirupnya tanpa berpikir dua kali. Namun, apa jadinya jika udara yang kita hirup justru membawa bahaya? Pencemaran udara, meski seringkali tak terlihat oleh mata, telah menjadi ancaman serius bagi kesehatan manusia, ekosistem, dan planet kita secara keseluruhan.

Pencemaran udara bukanlah masalah baru. Sejak Revolusi Industri pada abad ke-18, aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil, produksi industri, dan transportasi telah melepaskan berbagai zat berbahaya ke atmosfer. Namun, dalam beberapa dekade terakhir, masalah ini semakin mengglobal dan kompleks. Kota-kota besar di seluruh dunia sering diselubungi kabut asap tebal, sementara lapisan ozon yang melindungi Bumi dari radiasi ultraviolet terus menipis. Bahkan, Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menyatakan bahwa pencemaran udara adalah salah satu risiko lingkungan terbesar bagi kesehatan manusia, yang menyebabkan jutaan kematian prematur setiap tahunnya.

Pencemaran udara tidak hanya berdampak pada manusia. Ekosistem alam juga menjadi korban. Hujan asam, yang dihasilkan dari reaksi polutan udara seperti sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen oksida (NO_2) dengan uap air di atmosfer, merusak hutan, danau, dan bangunan bersejarah. Selain itu, peningkatan konsentrasi gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2) dan metana (CH_4) telah memicu perubahan iklim yang mengancam keseimbangan alam.

Beberapa bahan pencemar udara utama yang sering ditemukan adalah:

a. Karbon Monoksida (CO):

Karbon monoksida adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, yang dihasilkan terutama dari pembakaran bahan bakar fosil seperti bensin, diesel, dan gas alam. Gas ini sering kali dihasilkan oleh kendaraan bermotor, pabrik, serta pembangkit listrik. Karbon monoksida mengurangi kemampuan darah untuk mengikat oksigen, sehingga dapat menyebabkan sesak napas, pusing, kelelahan, bahkan kematian pada konsentrasi tinggi.

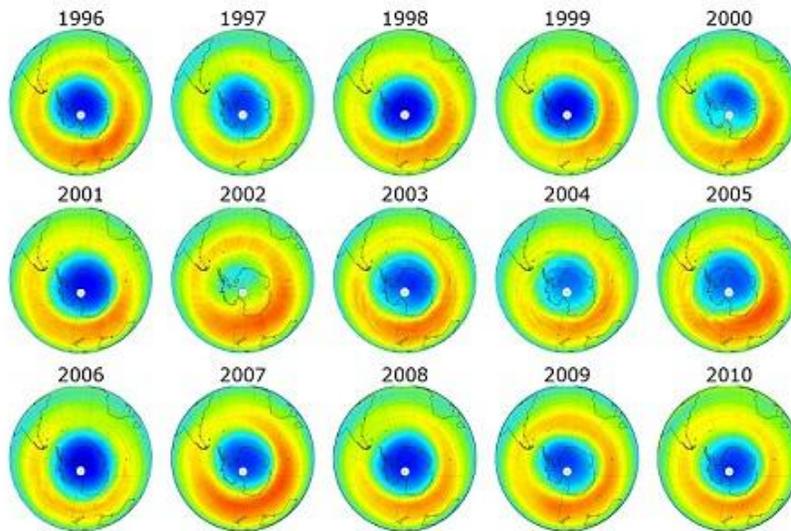
b. Nitrogen Oksida (NO₂):

Gas ini dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang terjadi di kendaraan, pembangkit listrik, dan industri. Nitrogen oksida berperan dalam pembentukan ozon pada permukaan bumi, yang menjadi polutan yang berbahaya bagi kesehatan. Gas ini juga dapat menyebabkan hujan asam, yang merusak tanaman, bangunan, serta mengancam kehidupan di perairan.

c. Chlorofluorocarbons (CFC) dan Halon:

CFC dan halon adalah senyawa kimia yang sering digunakan dalam produk pendingin dan aerosol. Meskipun sangat efektif dalam penggunaannya, kedua bahan kimia ini dapat merusak lapisan ozon stratosfer yang melindungi bumi dari radiasi ultraviolet berbahaya. Penggunaan CFC telah dilarang di banyak negara setelah ditemukan dampaknya terhadap ozon.

d. Ozon (O₃):



Lapisan Ozon yang Semakin Menipis-earth.esa.int

Ozon di atmosfer memiliki dua peran yang berbeda. Di stratosfer, ozon berfungsi melindungi bumi dari radiasi ultraviolet yang berbahaya. Namun, ozon yang terbentuk di lapisan troposfer (lapisan udara yang lebih rendah) justru menjadi polutan yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Ozon troposfer merusak saluran pernapasan dan dapat menyebabkan gangguan pernapasan kronis.

e. Gas Rumah Kaca (GRK):

Gas rumah kaca, seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan nitrogen oksida (N₂O), menyebabkan efek rumah kaca yang mengarah pada pemanasan global. Gas-gas ini menyerap panas dari matahari dan memerangkapnya di atmosfer, sehingga meningkatkan suhu rata-rata bumi. Pemanasan global yang diakibatkan oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca berpotensi menyebabkan perubahan iklim yang drastis dan merusak ekosistem.

f. Belerang Oksida (SO₂):

Belerang oksida, terutama sulfur dioksida (SO₂), dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung sulfur, seperti batu bara dan minyak. Gas ini dapat menyebabkan hujan asam, yang merusak tanaman, ekosistem perairan, dan bangunan. Belerang oksida juga berkontribusi pada pembentukan partikel halus yang berbahaya bagi saluran pernapasan.

Pencemaran Air

Air adalah sumber daya yang paling vital bagi kehidupan di Bumi. Lebih dari 70% permukaan planet kita tertutup oleh air, dan tubuh manusia sendiri terdiri dari sekitar 60% air. Namun, di balik kelimpahannya, air bersih yang layak dikonsumsi semakin langka. Pencemaran air telah menjadi salah satu masalah lingkungan paling serius yang dihadapi umat manusia saat ini.

Pencemaran air terjadi ketika zat berbahaya, baik kimia, fisik, maupun biologis, masuk ke dalam badan air seperti sungai, danau, laut, dan air tanah. Sumber pencemaran air sangat beragam, mulai dari limbah industri, pertanian, domestik, hingga tumpahan minyak di laut. Dampaknya tidak hanya dirasakan oleh manusia, tetapi juga oleh seluruh ekosistem yang bergantung pada air. Pencemaran air tidak hanya mengancam kesehatan manusia, tetapi juga mengganggu keseimbangan ekosistem. Zat-zat beracun seperti logam berat, pestisida, dan limbah plastik dapat terakumulasi dalam rantai makanan, membahayakan hewan air, burung, dan bahkan manusia yang mengonsumsi ikan atau air yang terkontaminasi. Selain itu, pencemaran air juga berdampak pada ekonomi, terutama bagi masyarakat yang bergantung pada perikanan, pertanian, dan pariwisata.

a. Parameter Kualitas air

Untuk menentukan kualitas air dan apakah air tersebut tercemar atau tidak, dilakukan pengujian menggunakan beberapa parameter. Parameter ini digunakan untuk mengidentifikasi berbagai jenis kontaminasi dan dampaknya terhadap lingkungan serta kesehatan manusia. Pengujian air dibagi menjadi tiga kategori utama:

▷ Parameter Fisik

Parameter fisik mengacu pada sifat-sifat fisik air yang dapat diukur secara langsung tanpa memerlukan reaksi kimia. Beberapa parameter fisik yang umum diukur dalam pengujian kualitas air meliputi:

- Warna:

Warna air dapat dipengaruhi oleh adanya zat organik terlarut, seperti humus dari tanaman atau limbah industri. Air yang bersih biasanya tidak berwarna atau bening. Warna air yang abnormal dapat menunjukkan adanya pencemaran, baik dari bahan organik atau bahan kimia tertentu.

- Kekeruhan (*Turbidity*):

Kekeruhan mengukur sejauh mana partikel padat terlarut atau tersuspensi dalam air dapat menghambat cahaya yang melewati air. Kekeruhan dapat disebabkan oleh sedimen, ganggang, atau bahan organik lainnya yang terlarut dalam air. Air yang keruh bisa mengandung bahan berbahaya yang dapat merusak ekosistem perairan dan memengaruhi kualitas air untuk konsumsi manusia.

- Temperatur:

Suhu air sangat mempengaruhi kelarutan oksigen dan aktivitas biologis dalam air. Peningkatan suhu air, yang sering terjadi akibat pembuangan air panas dari industri, dapat menurunkan kadar oksigen terlarut, yang akan memengaruhi kehidupan ikan dan organisme akuatik lainnya.

- TDS (Total Dissolved Solids):

TDS adalah jumlah total zat terlarut dalam air, yang mencakup mineral, garam, dan zat organik. Air dengan kandungan TDS yang tinggi dapat menunjukkan adanya polusi, baik dari limbah domestik, industri, maupun pertanian.

▷ Parameter Kimia

Parameter kimia mencakup pengujian terhadap zat kimia yang terlarut dalam air dan dapat mempengaruhi kualitas air serta kesehatan manusia. Beberapa parameter kimia yang sering diuji dalam pengujian kualitas air antara lain:

- pH:

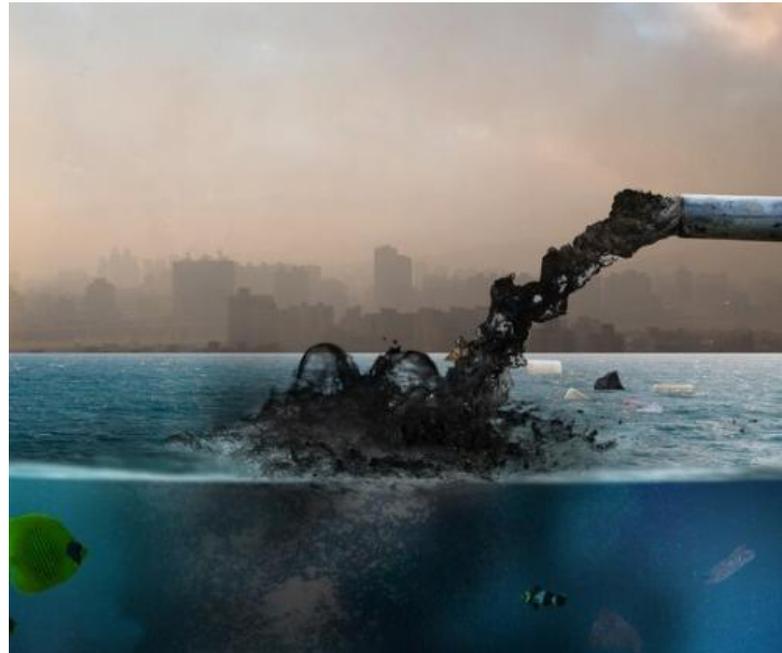
pH air merupakan salah satu parameter fisik untuk menjaga keseimbangan ekosistem air dan memastikan air layak dikonsumsi. Nilai pH ideal sebaiknya berada dalam rentang 6,5 hingga 7,5 sesuai standar kualitas air. Perubahan pH yang ekstrem dapat berdampak negatif terhadap lingkungan. Jika pH terlalu rendah, air menjadi asam dan berpotensi melarutkan logam berat beracun yang berbahaya bagi kehidupan akuatik. Sebaliknya, jika pH terlalu tinggi, air menjadi basa dan dapat mengganggu metabolisme makhluk hidup serta menyebabkan endapan mineral berlebih.

- DO (*Dissolved Oxygen* - Oksigen Terlarut):

Oksigen terlarut sangat penting untuk kehidupan organisme akuatik, seperti ikan dan mikroorganisme. Kadar oksigen yang rendah dapat disebabkan oleh pencemaran organik atau aktivitas bakteri yang memecah bahan organik, yang mengurangi kemampuan air untuk mendukung kehidupan.

- BOD (*Biochemical Oxygen Demand* - Permintaan Oksigen Biokimia):

BOD mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air. BOD yang tinggi menunjukkan tingkat polusi organik yang tinggi dalam air, yang dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dan merusak ekosistem air.



Pencemaran Air-mkacademy.id

- COD (*Chemical Oxygen Demand* - Permintaan Oksigen Kimia):

COD mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan kimia dalam air. Berbeda dengan BOD, yang hanya mengukur bahan organik yang dapat dicerna oleh mikroorganisme, COD mengukur semua bahan yang dapat mengikat oksigen dalam air, termasuk bahan kimia yang tidak mudah terurai secara alami.

- Logam Berat (Timah Hitam, Merkuri, Kadmium):

Kehadiran logam berat dalam air, seperti timbal, merkuri, dan kadmium, dapat mencemari air dan berbahaya bagi kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Logam berat ini sulit terurai dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan melalui biomagnifikasi.

- Pestisida dan Herbisida:

Air yang tercemar oleh pestisida dan herbisida dari pertanian dapat memiliki dampak buruk pada ekosistem akuatik. Zat kimia ini dapat menyebabkan keracunan pada ikan dan organisme air lainnya serta meresap ke dalam tubuh manusia melalui rantai makanan.

▷ Parameter Biologi

Parameter biologi digunakan untuk mengukur kandungan mikroorganisme dalam air. Keberadaan mikroorganisme patogen dalam air dapat menyebabkan berbagai penyakit, terutama bagi manusia yang mengonsumsi atau terpapar air tercemar. Beberapa parameter biologi yang umum diuji adalah:

- Koliform (Fecal Coliform):

Coliform adalah kelompok bakteri yang sering digunakan sebagai indikator pencemaran air oleh limbah manusia atau hewan. Keberadaan bakteri coliform fecal, terutama *Escherichia coli* (*E. coli*), dalam air menunjukkan bahwa air tersebut tercemar oleh kotoran manusia atau hewan dan dapat mengandung patogen yang berbahaya bagi kesehatan, seperti bakteri penyebab diare.

- Total Coliforms:

Total coliform adalah kelompok bakteri yang dapat ditemukan di lingkungan dan biasanya tidak berbahaya, tetapi kehadirannya dalam air dapat menunjukkan adanya pencemaran dan potensi adanya bakteri patogen lainnya. Pengujian coliform total digunakan untuk mengukur sejauh mana air tercemar oleh limbah manusia atau hewan.

- Mikroorganisme Patogen:

Beberapa mikroorganisme patogen yang dapat ditemukan dalam air, termasuk virus dan protozoa, dapat menyebabkan berbagai penyakit menular, seperti kolera, demam tifoid, dan penyakit gastrointestinal lainnya. Pengujian air untuk mikroorganisme patogen penting untuk menentukan apakah air aman untuk dikonsumsi atau digunakan untuk keperluan sehari-hari.

- Alga:

Keberadaan alga dalam air juga dapat menjadi indikator kualitas air. Meskipun alga itu sendiri tidak selalu berbahaya, pertumbuhan alga yang berlebihan (dikenal sebagai blooms alga) dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen dalam air dan menghasilkan racun yang berbahaya bagi hewan air dan manusia yang terpapar.

b. Penyebab Pencemaran Air

Pencemaran air terjadi ketika bahan-bahan berbahaya, baik organik maupun anorganik, masuk ke dalam sumber air dan merusak kualitasnya. Bahan pencemar ini dapat berasal dari berbagai sumber, baik yang bersifat langsung maupun tidak langsung.

▷ Penyebab Pencemaran Air secara Langsung

Pencemaran air secara langsung merujuk pada aktivitas atau bahan yang langsung dibuang ke badan air, seperti sungai, danau, laut, atau akuifer. Aktivitas ini secara langsung mencemari kualitas air dan sering kali terjadi dengan cepat. Beberapa penyebab pencemaran air secara langsung adalah:

- Limbah Industri

Limbah yang dihasilkan oleh industri, seperti pabrik tekstil, kimia, dan minyak, sering kali dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan yang memadai. Limbah industri ini mengandung bahan kimia berbahaya, logam berat (seperti merkuri, timbal, arsenik), dan bahan beracun lainnya yang dapat merusak ekosistem perairan dan berdampak buruk pada kesehatan manusia.

- Limbah Domestik (Sampah Cair)

Air limbah domestik, yang berasal dari rumah tangga (seperti air cucian, pembuangan air WC, dan limbah makanan), sering kali dibuang ke saluran air tanpa pengolahan yang tepat. Limbah

domestik ini mengandung bahan organik, detergen, dan mikroorganisme patogen yang bisa menyebabkan pencemaran air dan mengancam kesehatan.

- Pertanian dan Pesticida

Penggunaan pestisida, herbisida, dan pupuk kimia dalam pertanian sering menyebabkan pencemaran air secara langsung. Ketika hujan turun, bahan kimia tersebut bisa terbawa aliran air ke sungai, danau, atau laut, mencemari sumber air. Pesticida dapat mengandung bahan berbahaya yang meracuni organisme air dan berpotensi masuk ke dalam rantai makanan.

- Pencemaran dari Transportasi Laut

Tumpahan minyak dari kapal tanker atau kecelakaan kapal dapat mencemari laut secara langsung. Minyak yang tumpah ke laut dapat mengganggu ekosistem laut, merusak terumbu karang, dan membunuh organisme laut yang bergantung pada air bersih.

- Pembuangan Limbah Rumah Sakit

Limbah medis dari rumah sakit, seperti jarum suntik bekas, pembalut medis, dan obat-obatan terlarut, dapat dibuang langsung ke sistem air tanpa pengolahan yang tepat. Ini dapat menyebabkan pencemaran biologis dan kimiawi yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan organisme air.

▷ Penyebab Pencemaran Air Secara Tidak Langsung

Pencemaran air secara tidak langsung terjadi ketika bahan pencemar tidak langsung dibuang ke badan air, tetapi melalui proses atau aktivitas lain yang menyebabkan pencemaran. Pencemaran ini mungkin tidak terlihat secara langsung, tetapi efeknya dapat dirasakan dalam jangka panjang. Beberapa penyebab pencemaran air secara tidak langsung adalah:

- Erosi Tanah

Erosi tanah yang disebabkan oleh aktivitas pertanian yang tidak dikelola dengan baik atau deforestasi dapat mengakibatkan terbawanya sedimen dan partikel tanah ke dalam sungai dan danau. Sedimen ini dapat merusak kualitas air, mengurangi kadar oksigen, dan mengganggu kehidupan akuatik. Selain itu, partikel tanah juga bisa membawa bahan kimia, seperti logam berat, yang tercemar ke dalam air.



Erosi Tanah-panda.id

- Polusi Atmosfer

Polusi udara, seperti emisi gas rumah kaca (CO_2 , NO_x , SO_x), dapat menyebabkan hujan asam. Hujan asam terjadi ketika gas-gas ini bereaksi dengan uap air di atmosfer, membentuk asam sulfat dan nitrat yang kemudian jatuh ke permukaan tanah dan badan air. Hujan asam dapat menurunkan pH air, merusak ekosistem perairan, dan mengancam kehidupan akuatik.

- Penggunaan Air Berlebihan

Penggunaan air secara berlebihan untuk keperluan pertanian, industri, dan pemukiman dapat mengurangi kualitas air di sumber air alami. Pengurangan aliran air di sungai atau danau dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen, memperburuk konsentrasi polutan, dan mengurangi

kemampuan ekosistem untuk mendaur ulang air. Selain itu, penggunaan air yang berlebihan dapat mempengaruhi ekosistem alami yang bergantung pada pasokan air yang stabil.

- **Deforestasi**

Penebangan hutan yang tidak terkontrol menyebabkan hilangnya vegetasi penahan air dan pengendali erosi. Tanpa tutupan vegetasi, air hujan akan membawa lebih banyak partikel tanah dan bahan kimia ke dalam badan air. Proses ini dapat memperburuk pencemaran air dengan membawa sedimen, bahan organik, dan zat kimia ke sungai dan danau.

- **Aktivitas Perkotaan dan Pembangunan Infrastruktur**

Perkembangan kota yang pesat dan pembangunan infrastruktur dapat memperburuk pencemaran air secara tidak langsung. Saat lahan dibangun dengan beton dan aspal, kemampuan tanah untuk menyerap air hujan berkurang. Air hujan yang jatuh kemudian terbawa langsung ke saluran air atau sungai dengan membawa sampah, logam berat, bahan kimia dari permukaan jalan, dan polutan lainnya. Hal ini dapat meningkatkan beban pencemaran air di area perkotaan.

Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah terjadi ketika bahan kimia, mikroorganisme patogen, atau material berbahaya lainnya masuk ke dalam tanah, yang kemudian dapat merusak kualitas tanah dan mengganggu ekosistem di dalamnya. Pencemaran tanah dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia, tanaman, dan organisme tanah lainnya. Penyebab pencemaran tanah bisa berasal dari aktivitas manusia maupun proses alamiah.

a. Penyebab Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik yang bersifat langsung maupun tidak langsung. Berikut adalah beberapa penyebab utama pencemaran tanah:

▷ **Limbah Industri**

Limbah industri adalah salah satu penyebab utama pencemaran tanah. Banyak industri yang menghasilkan limbah berbahaya yang mengandung bahan kimia beracun, logam berat (seperti timbal, merkuri, dan kadmium), serta bahan organik yang tidak terurai. Limbah ini sering dibuang langsung ke tanah atau saluran air tanpa pengolahan yang tepat. Seiring waktu, bahan kimia ini akan meresap ke dalam tanah, merusak kualitasnya, dan dapat mencemari sumber air tanah.

▷ **Limbah Pertanian dan Pestisida**

Pestisida, herbisida, dan pupuk kimia yang digunakan dalam pertanian dapat mencemari tanah jika digunakan secara berlebihan atau tidak sesuai. Pestisida dan herbisida yang tersisa di tanah dapat merusak mikroorganisme tanah yang penting untuk proses dekomposisi bahan organik. Selain itu, bahan kimia ini dapat mengendap di tanah dan terakumulasi dalam rantai makanan melalui tanaman yang tumbuh di tanah yang tercemar.

▷ **Deforestasi dan Erosi Tanah**

Penebangan hutan yang tidak terkontrol menyebabkan tanah kehilangan tutupan vegetasi yang berfungsi menahan tanah. Tanpa vegetasi penahan, tanah akan lebih rentan terhadap erosi, di mana tanah subur dan material organik terangkut oleh air hujan dan terbawa ke badan air. Erosi tanah ini menyebabkan hilangnya kesuburan tanah, serta mengurangi kemampuannya untuk menahan air, sehingga memperburuk kondisi tanah.

▷ **Pembuangan Sampah dan Plastik**

Sampah rumah tangga, terutama plastik, sering dibuang sembarangan ke tanah, mencemari lingkungan sekitar. Plastik membutuhkan ratusan tahun untuk terurai, sehingga sampah plastik dapat mengakumulasi di tanah dan mengganggu ekosistem. Selain itu, limbah rumah tangga yang mengandung bahan kimia, seperti deterjen, limbah makanan, dan produk kimia, juga dapat mencemari tanah.

▷ **Pencemaran dari Aktivitas Perkotaan**

Aktivitas perkotaan, seperti konstruksi, pembuangan limbah domestik, dan polusi dari kendaraan, juga berkontribusi pada pencemaran tanah. Bahan kimia dari produk rumah tangga, limbah cair dari saluran pembuangan, serta limbah konstruksi yang mengandung material berbahaya dapat meresap ke dalam tanah dan mencemari tanah tersebut.

▷ **Penggunaan Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun)**

Limbah B3 (seperti pelarut, bahan kimia industri, cat, baterai bekas) yang dibuang sembarangan dapat mencemari tanah secara langsung. Bahan kimia berbahaya ini dapat merusak struktur tanah, mengurangi kesuburan tanah, dan bahkan membahayakan kesehatan tanaman dan hewan yang hidup di dalam tanah.

b. Dampak Pencemaran Tanah

▷ **Penurunan Kualitas Tanah**

Pencemaran tanah mengurangi kesuburan tanah, yang mengganggu kemampuan tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Bahan kimia berbahaya, seperti logam berat dan pestisida, dapat merusak mikroorganisme tanah yang penting untuk proses dekomposisi dan siklus nutrisi. Tanah yang tercemar menjadi kurang mampu mendukung kehidupan tanaman, sehingga mengurangi hasil pertanian dan kualitas makanan yang dihasilkan.

▷ **Gangguan pada Ekosistem Tanah**

Tanah yang tercemar mengganggu keseimbangan ekosistem tanah, termasuk mikroorganisme, cacing tanah, dan organisme lainnya yang hidup di dalam tanah. Mikroorganisme tanah berperan penting dalam proses siklus nutrisi dan pemecahan bahan organik. Pencemaran tanah mengurangi keberagaman organisme ini, yang dapat menyebabkan gangguan ekosistem secara keseluruhan.

▷ **Risiko Kesehatan bagi Manusia dan Hewan**

Pencemaran tanah dapat menyebabkan kontaminasi air tanah dan tanaman yang tumbuh di tanah tercemar. Manusia dan hewan yang mengonsumsi air atau makanan yang terkontaminasi bahan kimia berbahaya dapat mengalami gangguan kesehatan, seperti keracunan, kerusakan organ, gangguan sistem saraf, dan bahkan kanker. Penggunaan pestisida yang berlebihan juga dapat meracuni makanan yang dikonsumsi manusia, menyebabkan dampak kesehatan jangka panjang.

▷ **Erosi Tanah dan Banjir**

Pencemaran tanah akibat erosi yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti deforestasi atau pertanian yang tidak dikelola dengan baik, dapat meningkatkan risiko banjir. Tanpa vegetasi yang menahan tanah, aliran air hujan akan membawa lebih banyak partikel tanah dan bahan kimia ke sungai dan danau, meningkatkan kejadian banjir serta merusak kualitas air dan ekosistem perairan.

Pencemaran Suara

Pencemaran suara, atau kebisingan, adalah tingkat suara yang berlebihan yang dapat mengganggu kehidupan manusia dan hewan. Kebisingan dapat berasal dari berbagai sumber, seperti lalu lintas kendaraan, aktivitas industri, peralatan mesin, serta aktivitas manusia lainnya.

Kebisingan dapat menyebabkan gangguan kesehatan, seperti gangguan pendengaran, stres, gangguan tidur, serta gangguan pada sistem saraf. Kebisingan yang berlebihan juga dapat memengaruhi hewan, terutama yang mengandalkan pendengaran untuk berkomunikasi atau mencari makanan.



Contoh Kebisingan Pencemaran Suara-detik.com

Beberapa jenis kebisingan meliputi:

a. Kebisingan Impulsif

Kebisingan impulsif adalah kebisingan yang terjadi secara tiba-tiba dengan durasi singkat namun intens, seperti suara ledakan atau tembakan. Kebisingan jenis ini dapat sangat merusak telinga dan menyebabkan gangguan pendengaran permanen jika terpapar dalam jangka waktu lama.

b. Kebisingan Impulsif Kontinu

Kebisingan impulsif kontinu adalah kebisingan yang terjadi secara berulang dalam interval waktu tertentu. Misalnya, suara bel atau lonceng yang berbunyi secara periodik, suara alarm atau sinyal yang terus-menerus berulang dalam periode tertentu.

c. Kebisingan Semikontinu

Kebisingan semikontinu adalah suara yang terjadi dengan variasi dalam intensitas dan waktu, tetapi memiliki pola tertentu. Contohnya adalah suara mesin atau alat industri yang beroperasi pada ritme yang tidak teratur namun tetap berulang.

d. Kebisingan Kontinu

Kebisingan kontinu adalah suara yang berlangsung secara terus-menerus dalam jangka waktu yang lama. Suara kendaraan yang lewat di jalan raya, suara lalu lintas kota yang padat, atau suara AC yang terus-menerus beroperasi merupakan contoh kebisingan kontinu. Kebisingan jenis ini dapat sangat mengganggu kualitas hidup jika terus berlangsung tanpa adanya pengendalian.

SLM (Sound Level Meter) adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan atau tekanan suara dalam satuan desibel (dB). Alat ini sangat penting dalam mendeteksi dan memantau pencemaran suara, baik di lingkungan perkotaan, industri, maupun tempat hiburan. Alat ini bekerja dengan mengukur gelombang suara yang terdeteksi oleh mikrofon internal, dan kemudian mengubahnya menjadi informasi yang dapat dibaca, biasanya dalam bentuk angka desibel (dB), yang menunjukkan tingkat intensitas suara.

Contoh Soal

Pencemaran udara yang disebabkan oleh emisi gas rumah kaca berlebihan, seperti karbon dioksida (CO₂), dapat mengarah pada pemanasan global. Salah satu dampaknya adalah:

- A. Menurunnya jumlah polutan dalam udara
- B. Meningkatnya tingkat oksigen di atmosfer
- C. Meningkatnya suhu rata-rata bumi dan perubahan iklim
- D. Peningkatan keanekaragaman hayati
- E. Berkurangnya jumlah bencana alam

Jawaban Benar: C. Meningkatnya suhu rata-rata bumi dan perubahan iklim

Penjelasan:

Gas rumah kaca seperti CO₂ terperangkap di atmosfer dan menyebabkan pemanasan global. Ini berpengaruh pada perubahan iklim, termasuk peningkatan suhu rata-rata bumi, perubahan pola cuaca, dan meningkatnya kejadian bencana alam seperti banjir, kekeringan, dan badai.



Biologipedia

Pencemaran Lingkungan Hidup

▷ Limbah Elektronik Menjadi Pencemar Terbesar

Limbah elektronik (e-waste) adalah salah satu pencemar terbesar di dunia saat ini. Setiap tahun, lebih dari 50 juta ton limbah elektronik dihasilkan. Banyak dari perangkat ini mengandung bahan berbahaya seperti merkuri dan timbal yang dapat mencemari tanah dan air.

▷ Bencana Asap dari Kebakaran Hutan

Kebakaran hutan di Indonesia, Amazon, dan Australia sering menghasilkan asap yang mengandung polutan udara berbahaya. Asap ini tidak hanya mengurangi kualitas udara, tetapi juga menyebabkan gangguan pernapasan dan meningkatkan risiko penyakit jantung bagi manusia.

▷ Ozon Di Troposfer Memicu Penyakit Pernapasan

Ozon yang terbentuk di troposfer (lapisan atmosfer terendah) adalah polutan yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Peningkatan kadar ozon ini dapat menyebabkan gangguan pernapasan, asma, dan masalah kesehatan lainnya, terutama di kota-kota besar.

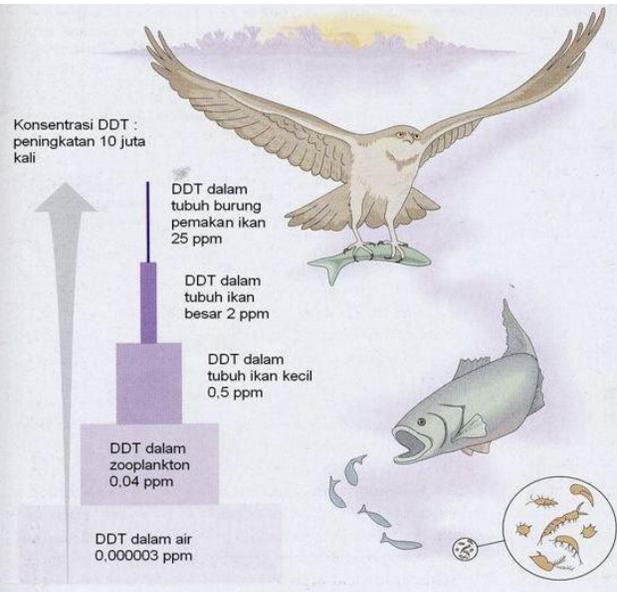




3. Penumpukan Zat Pencemar dalam Jaringan Rantai Makanan

Akumulasi bahan pencemar dalam rantai makanan adalah fenomena di mana zat-zat berbahaya, seperti logam berat, pestisida, dan bahan kimia beracun lainnya, terakumulasi dalam tubuh organisme yang berurutan dalam rantai makanan. Proses ini disebut biomagnifikasi, dan terjadi ketika bahan pencemar semakin terkonsentrasi pada setiap tingkatan trofik dalam ekosistem.

Proses Biomagnifikasi



Peningkatan Akumulasi Bahan Pencemar
DDT-mandandi.com

Biomagnifikasi adalah proses peningkatan konsentrasi bahan pencemar pada setiap tingkat trofik dalam rantai makanan. Dalam rantai makanan, organisme di tingkat trofik yang lebih rendah, seperti tumbuhan dan hewan herbivora, menyerap bahan pencemar dari lingkungan atau makanan mereka. Saat organisme ini dimakan oleh pemangsa di tingkat trofik yang lebih tinggi, bahan pencemar ini berpindah dan terakumulasi dalam tubuh pemangsa tersebut. Akibatnya, konsentrasi bahan pencemar semakin meningkat pada setiap tingkatan trofik.

Contoh nyata dari biomagnifikasi adalah akumulasi **merkuri** dalam ikan. Merkuri, yang digunakan dalam berbagai industri dan dapat terlepas ke dalam air melalui limbah industri, akan terakumulasi di tubuh ikan kecil. Ketika ikan kecil dimakan oleh ikan yang lebih besar, merkuri ini akan terakumulasi dalam tubuh ikan predator tersebut. Jika ikan predator tersebut dimakan oleh manusia, konsentrasi merkuri yang tinggi bisa berbahaya bagi kesehatan manusia, terutama dalam hal kerusakan sistem saraf.

Faktor yang Mempengaruhi Akumulasi Pencemar dalam Rantai Makanan

Beberapa faktor dapat memengaruhi tingkat akumulasi bahan pencemar dalam rantai makanan, antara lain:

- Konsentrasi Bahan Pencemar di Lingkungan:** Jika konsentrasi bahan pencemar di lingkungan (seperti air atau tanah) tinggi, maka organisme di tingkat dasar rantai makanan akan menyerap lebih banyak pencemar tersebut. Proses ini kemudian akan berlanjut ke tingkat trofik yang lebih tinggi.
- Sifat Bahan Pencemar:** Beberapa bahan pencemar, seperti logam berat (merkuri, timbal, kadmium) dan pestisida tertentu, lebih mudah terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup karena sifatnya yang tidak mudah terurai atau dikeluarkan dari tubuh. Bahan-bahan ini cenderung bertahan lebih lama dalam tubuh organisme dan dapat berpindah ke tingkat trofik yang lebih tinggi.
- Lama Hidup Organisme:** Organisme yang hidup lebih lama akan menyerap dan mengakumulasi lebih banyak bahan pencemar seiring berjalannya waktu. Sebagai contoh, ikan predator yang hidup lebih lama akan lebih banyak menyerap bahan pencemar dibandingkan dengan ikan yang memiliki siklus hidup lebih pendek.
- Kuantitas Makanan yang Dikonsumsi:** Organisme yang mengonsumsi lebih banyak makanan, terutama yang berada di tingkat trofik tinggi, cenderung mengakumulasi lebih banyak bahan pencemar.

Misalnya, predator puncak, seperti ikan besar, burung pemangsa, atau mamalia besar, sering kali mengkonsumsi banyak organisme yang terkontaminasi bahan pencemar

Dampak Biomagnifikasi pada Ekosistem

Biomagnifikasi dapat memberikan dampak serius pada ekosistem. Beberapa dampak negatif yang terjadi akibat akumulasi bahan pencemar dalam rantai makanan meliputi:

- a. **Kesehatan Makhluk Hidup:** Akumulasi bahan pencemar, terutama logam berat dan bahan kimia beracun lainnya, dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan pada makhluk hidup. Misalnya, merkuri dapat merusak sistem saraf pusat, menyebabkan gangguan perilaku, masalah ingatan, dan kerusakan permanen pada otak.
- b. **Gangguan Reproduksi:** Pencemaran juga dapat mengganggu sistem reproduksi hewan. Beberapa bahan kimia, seperti PCB (polychlorinated biphenyls) dan DDT, diketahui dapat merusak sistem reproduksi hewan, menyebabkan penurunan fertilitas, kelainan genetik, dan bahkan kematian dini pada spesies tertentu.
- c. **Kerusakan pada Ekosistem Perairan:** Akumulasi bahan pencemar di organisme air dapat menyebabkan penurunan jumlah spesies di ekosistem perairan. Misalnya, penurunan populasi ikan predator akibat pencemaran merkuri atau pestisida dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan, mempengaruhi spesies lain yang bergantung pada ikan tersebut, dan merusak keberagaman hayati.
- d. **Penyebaran Pencemar ke Seluruh Ekosistem:** Bahan pencemar yang terakumulasi dalam rantai makanan dapat berpindah ke lingkungan lebih luas, seperti ke daratan dan udara, ketika hewan-hewan yang terkontaminasi mati atau mengeluarkan limbah. Ini menyebabkan penyebaran pencemaran yang lebih luas dan berisiko pada lebih banyak organisme.

Contoh Biomagnifikasi dalam Rantai Makanan

Biomagnifikasi terjadi ketika zat beracun, seperti merkuri, terakumulasi dalam rantai makanan. Contohnya, merkuri dari limbah industri masuk ke perairan dan berubah menjadi metilmerkuri yang diserap oleh plankton dan ikan kecil. Ikan predator yang memakan mereka akan memiliki kadar merkuri lebih tinggi. Ketika manusia mengonsumsi ikan tersebut, merkuri dapat membahayakan kesehatan, terutama sistem saraf. Zat lain seperti DDT, PCBs, dan pestisida juga mengalami biomagnifikasi di berbagai ekosistem.



Contoh Soal

Proses biomagnifikasi terjadi ketika bahan pencemar, seperti merkuri, terakumulasi dalam tubuh organisme. Bahan pencemar ini akan semakin terkonsentrasi pada organisme tingkat trofik yang lebih tinggi. Apa dampak dari biomagnifikasi ini terhadap manusia?

- A. Menurunnya jumlah ikan di laut
- B. Meningkatnya konsentrasi bahan pencemar pada ikan predator
- C. Menurunnya kualitas air laut
- D. Meningkatnya kualitas tanah
- E. Berkurangnya kadar bahan pencemar di tubuh manusia

Jawaban Benar: B. Meningkatnya konsentrasi bahan pencemar pada ikan predator

Penjelasan:

Pada proses biomagnifikasi, bahan pencemar seperti merkuri terakumulasi dalam organisme pada setiap tingkatan trofik. Ikan predator yang berada di puncak rantai makanan mengandung konsentrasi merkuri yang lebih tinggi dibandingkan dengan ikan kecil, dan ini dapat berdampak negatif jika dikonsumsi oleh manusia.



Biologipedia

Akumulasi Bahan Pencemar

▷ Biomagnifikasi Membahayakan Predator Puncak

Proses biomagnifikasi mengakibatkan predator puncak, seperti ikan besar dan burung pemangsa, mengakumulasi lebih banyak bahan berbahaya, seperti merkuri. Ketika manusia mengonsumsi predator puncak ini, mereka juga berisiko terpapar bahan berbahaya tersebut.

▷ Pestisida Dapat Terakumulasi dalam Rantai Makanan

Pestisida yang digunakan dalam pertanian dapat terbawa ke dalam rantai makanan. Tanaman yang menyerap pestisida dimakan oleh herbivora, yang kemudian menjadi makanan bagi karnivora. Proses ini meningkatkan konsentrasi bahan kimia berbahaya pada organisme yang lebih tinggi dalam rantai makanan.

▷ Pengaruh Makanan Terkontaminasi terhadap Kesehatan Manusia

Konsumsi ikan yang terkontaminasi merkuri atau pestisida dapat menyebabkan kerusakan sistem saraf, gangguan reproduksi, dan bahkan kanker pada manusia. Penelitian menunjukkan bahwa wanita hamil dan anak-anak paling rentan terhadap efek ini





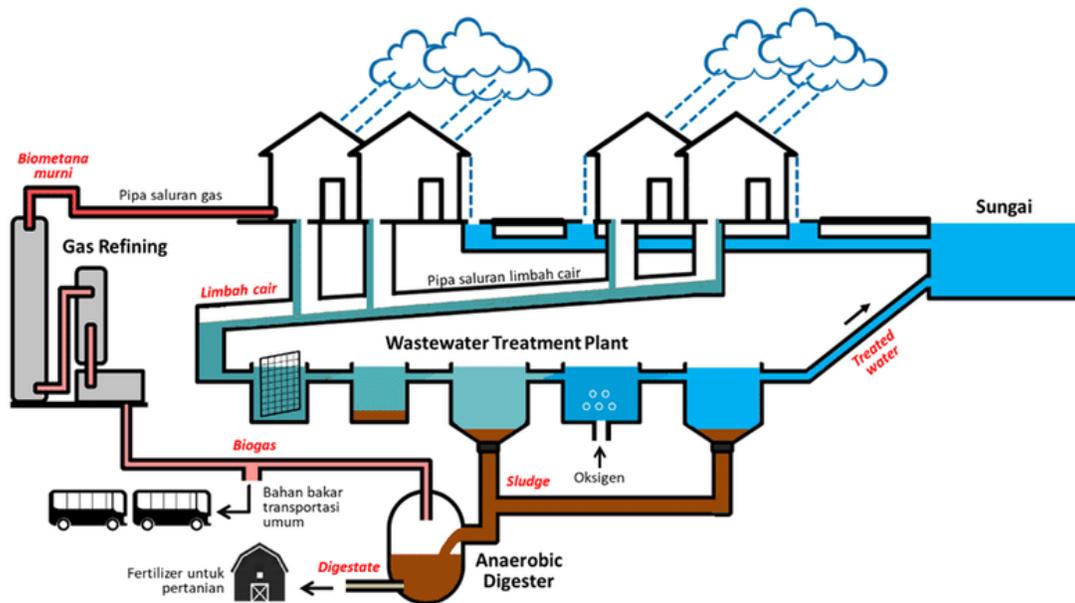
4. Pengendalian Limbah

Limbah adalah sisa dari suatu proses produksi atau konsumsi yang tidak lagi digunakan dan dibuang ke lingkungan. Limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran, kerusakan ekosistem, dan membahayakan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pengelolaan limbah secara benar dan efisien untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Penanganan limbah terbagi berdasarkan jenisnya, yaitu limbah cair, padat, gas, dan bahan berbahaya dan beracun (B3).

Pengendalian Limbah Cair

Limbah cair, yang dihasilkan dari rumah tangga, industri, atau kegiatan lainnya, mengandung berbagai zat yang dapat mencemari sumber air dan tanah. Oleh karena itu, penanganan limbah cair harus dilakukan dengan cermat dan menggunakan teknologi yang tepat agar tidak menimbulkan dampak negatif.

a. Sistem Penanganan Limbah Cair Domestik:



Cara Pengolahan Limbah Cair Domestik-researchgate.net

Limbah cair domestik berasal dari kegiatan sehari-hari manusia, seperti mandi, mencuci, dan buang air besar. Beberapa sistem penanganan yang umum digunakan untuk limbah cair domestik adalah:

▷ Cubluk:

Sistem cubluk adalah cara penanganan limbah cair yang sangat sederhana dan biasanya digunakan di daerah pedesaan. Limbah cair disalurkan ke dalam lubang penampungan yang dalam tanah untuk disaring dan diserap oleh tanah. Sistem ini efektif untuk daerah dengan jumlah penduduk yang kecil dan tidak terlalu padat.

▷ Tangki Septik Konvensional:

Sistem ini adalah salah satu metode yang paling umum digunakan untuk penanganan limbah cair domestik. Limbah cair dari rumah tangga disalurkan ke dalam tangki septik yang terbuat dari beton

atau material lainnya. Dalam tangki ini, limbah cair akan terendap, dan bahan padat akan terurai oleh bakteri pengurai, sementara air yang sudah lebih bersih akan disalurkan ke tanah.

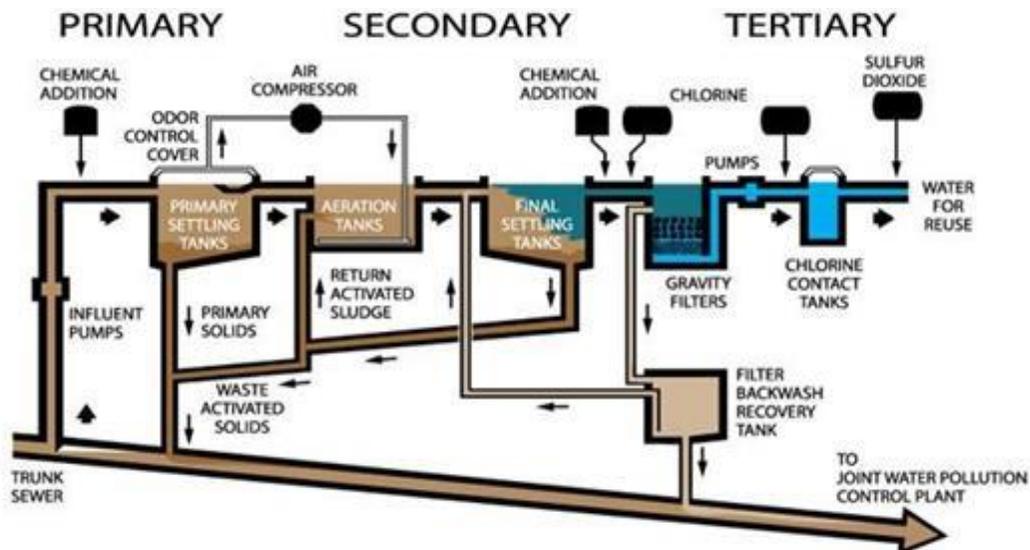
▷ **Tangki Septik Biofilter:**

Tangki septik biofilter adalah pengembangan dari tangki septik konvensional yang dilengkapi dengan lapisan filter biologis, seperti media tanaman atau material khusus yang dapat menyaring lebih banyak bahan pencemar dari limbah cair. Sistem ini dapat mengolah limbah dengan lebih efisien dan menghasilkan air yang lebih bersih.

▷ **Instalasi Pengolahan Limbah Cair Domestik:**

Instalasi pengolahan limbah cair domestik adalah sistem pengolahan yang lebih besar dan terpusat. Biasanya digunakan untuk pengolahan limbah cair dari perumahan atau area pemukiman yang lebih besar. Sistem ini mengandalkan proses fisik, kimia, dan biologis untuk menghilangkan kontaminan dalam limbah cair.

b. Sistem Penanganan Limbah Cair Industri:



Cara Pengolahan Limbah Cair Industri-lordbroken.wp.com

Limbah cair industri lebih kompleks dan sering kali mengandung bahan kimia berbahaya. Oleh karena itu, diperlukan metode penanganan yang lebih canggih, seperti:

▷ **Penanganan Sistem Setempat:**

Sistem ini digunakan oleh industri-industri kecil yang memiliki jumlah limbah cair yang tidak terlalu besar. Limbah cair diproses langsung di lokasi industri menggunakan teknologi pengolahan sederhana, seperti filter atau kolam pengendapan.

▷ **Penanganan Sistem Terpusat:**

Untuk industri besar, limbah cair sering diproses di fasilitas pengolahan limbah terpusat yang dapat menangani limbah dalam jumlah besar. Sistem ini menggunakan teknologi lanjutan, seperti filtrasi, pengendapan, dan pemurnian kimiawi untuk mengolah limbah menjadi aman untuk dibuang ke lingkungan.

Pengendalian Limbah Padat

Limah padat adalah sampah yang dihasilkan dari aktivitas manusia, seperti sampah rumah tangga, sampah industri, dan sampah pertanian. Penanganan limbah padat bertujuan untuk mengurangi volume sampah dan mencegah pencemaran.

a. Meminimalkan Limbah Padat:

Langkah pertama dalam penanganan limbah padat adalah mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan, yaitu dengan mengadopsi prinsip **3R (Reduce, Reuse, Recycle)**:

- ▷ **Reduce (Mengurangi):** Mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan dengan cara membeli barang yang lebih sedikit atau lebih tahan lama.
- ▷ **Reuse (Menggunakan Kembali):** Menggunakan kembali barang-barang yang sudah tidak terpakai, seperti botol kaca atau kardus, untuk keperluan lain.
- ▷ **Recycle (Mendaur Ulang):** Mendaur ulang material yang masih berguna, seperti plastik, kertas, dan logam, untuk menghasilkan barang baru.

b. Cara Penanganan Limbah Padat (Sampah):

Ada beberapa metode yang digunakan untuk menangani limbah padat, yaitu:

▷ Penimbunan Tanah:

Sampah dikumpulkan dan ditimbun di dalam tanah pada tempat pembuangan akhir (TPA). Meskipun ini adalah metode yang sederhana, tetapi penimbunan tanah tidak menyelesaikan masalah jangka panjang karena sampah akan terus menumpuk dan tanah bisa tercemar.

▷ Penimbunan Limbah Padat dengan Tanah Secara Berlapis:

Dalam metode ini, sampah ditimbun secara berlapis dengan tanah untuk mengurangi bau dan pembusukan. Meskipun sedikit lebih baik daripada penimbunan tanah biasa, cara ini masih memiliki dampak lingkungan yang besar.

▷ Pembakaran:

Pembakaran sampah adalah cara yang dapat mengurangi volume sampah secara signifikan. Namun, pembakaran sampah yang tidak dilakukan dengan benar dapat menyebabkan polusi udara dan pelepasan bahan berbahaya, seperti dioksin.

▷ Penghancuran:

Sampah organik seperti sisa makanan dapat dihancurkan atau dihancurkan menjadi lebih kecil untuk memudahkan pengelolaan atau digunakan sebagai bahan pakan ternak atau pupuk kompos.

▷ Pengomposan:

Limah organik seperti daun, ranting, dan sisa makanan dapat diolah menjadi kompos. Proses ini tidak hanya mengurangi sampah tetapi juga menghasilkan pupuk yang berguna untuk pertanian atau kebun.



Pengelolaan Bangkai Mobil di Negara Maju-otosia.com

▷ **Pemanfaatan sebagai Makanan Ternak:**

Beberapa limbah organik dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, mengurangi jumlah sampah yang dibuang serta memberikan manfaat ekonomi dalam peternakan.

Pengendalian Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan oleh kegiatan industri atau kendaraan bermotor dapat mencemari udara dan merusak kesehatan manusia. Untuk mengurangi dampak pencemaran udara, limbah gas harus diproses dengan sistem penyaringan dan pengolahan yang sesuai.

- a. **Filter Udara:** Filter udara digunakan untuk menangkap partikel-partikel kecil dalam udara, seperti debu, asap, dan gas berbahaya. Filter ini biasanya digunakan di industri atau fasilitas yang menghasilkan limbah gas dalam jumlah besar.
- b. **Filter Siklon:** Filter siklon memanfaatkan gaya sentrifugal untuk memisahkan partikel padat dari udara. Sistem ini sering digunakan untuk mengolah limbah gas yang mengandung debu dan partikel halus.
- c. **Filter Basah:** Filter basah menggunakan air untuk menyerap gas berbahaya dalam udara. Metode ini sering digunakan untuk mengendalikan gas-gas asam dan gas berbahaya lainnya.
- d. **Pengendap Sistem Gravitasi:** Pengendap gravitasi menggunakan prinsip gravitasi untuk memisahkan partikel padat dari gas. Metode ini umumnya digunakan untuk gas dengan kandungan partikel besar, seperti debu atau asap dari industri.
- e. **Pengendap Elektrostatik:** Pengendap elektrostatik menggunakan muatan listrik untuk menarik partikel-partikel kecil dalam gas. Metode ini sangat efektif untuk menangani limbah gas yang mengandung partikel halus.



Limbah Gas-kompas.com

Pengendalian Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Limbah B3 adalah limbah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang dapat merusak lingkungan dan kesehatan manusia. Penanganannya memerlukan metode khusus yang lebih canggih dan hati-hati.

a. **Limbah B3 dari Kegiatan Industri:**

Limbah B3 yang dihasilkan oleh industri meliputi limbah kimia, logam berat, dan produk sampingan dari proses produksi. Limbah ini memerlukan sistem pengolahan yang khusus untuk menghindari pencemaran tanah dan air.

b. **Limbah B3 dari Kegiatan Rumah Sakit:**

Limbah medis berbahaya, seperti jarum suntik bekas, bahan kimia farmasi, dan limbah infeksius lainnya, memerlukan pengelolaan yang sangat hati-hati agar tidak menularkan penyakit atau mencemari lingkungan.

c. Limbah B3 dari Kegiatan Rumah Tangga:

Limbah berbahaya yang dihasilkan oleh rumah tangga, seperti baterai bekas, lampu neon, dan bahan kimia pembersih, juga harus diproses dengan benar untuk menghindari pencemaran.

d. Limbah B3 dari Kegiatan Pertanian:

Penggunaan pestisida dan herbisida yang berlebihan di sektor pertanian dapat menghasilkan limbah B3 yang mencemari tanah dan air. Oleh karena itu, pengelolaan limbah pertanian harus memperhatikan aspek keselamatan lingkungan.

Contoh Soal

Limbah cair industri mengandung bahan kimia berbahaya yang dapat mencemari sumber air jika tidak diolah dengan benar. Salah satu metode pengolahan limbah cair yang efektif di industri besar adalah:

- A. Penimbunan tanah
- B. Daur ulang menggunakan sistem terpusat
- C. Pengomposan
- D. Pemanfaatan sampah sebagai pakan ternak
- E. Penghancuran dengan bahan kimia

Jawaban Benar: B. Daur ulang menggunakan sistem terpusat

Penjelasan:

Pada industri besar, limbah cair biasanya mengandung bahan kimia berbahaya yang memerlukan pengolahan lebih canggih dan sistematis. Sistem terpusat menggunakan teknologi pengolahan air limbah yang efektif dan mampu menangani volume limbah dalam jumlah besar, mengubahnya menjadi aman untuk dibuang ke lingkungan.



Biologipedia

Penangan Limbah

▷ **Kompos Dapat Mengurangi Sampah Organik**

Pengomposan adalah metode alami yang dapat mengurangi hingga 30% sampah rumah tangga. Dengan mengubah sampah organik menjadi pupuk, kita tidak hanya mengurangi volume sampah, tetapi juga memberikan manfaat bagi pertanian.

▷ **Teknologi Daur Ulang Plastik Semakin Canggih**

Saat ini, teknologi daur ulang plastik semakin maju. Beberapa perusahaan mengembangkan plastik biodegradable yang dapat terurai lebih cepat, mengurangi dampak pencemaran plastik yang sulit terurai di lingkungan.

▷ **Limbah Elektronik Memerlukan Penanganan Khusus** Limbah elektronik mengandung bahan berbahaya, seperti timbal, merkuri, dan kadmium, yang memerlukan penanganan khusus. Beberapa negara kini menerapkan sistem daur ulang e-waste yang dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan



Kegiatan Praktikum

Judul: Pembuatan Kompos dari Limbah Organik Rumah Tangga

Tujuan:

- 1) Mengolah limbah organik rumah tangga menjadi pupuk kompos.
- 2) Mengidentifikasi jenis limbah organik dan dampaknya terhadap pencemaran lingkungan.
- 3) Menerapkan solusi pengelolaan limbah ramah lingkungan.

Alat dan Bahan:

- 1) Ember plastik atau wadah bekas (volume \pm 10–20 liter)
- 2) Sekop kecil atau sendok semen
- 3) Sisa sayuran, kulit buah, daun kering, rumput
- 4) Gula merah \pm ¼ kg
- 5) EM4 (larutan bakteri pengurai), \pm 200 mL
- 6) Air matang secukupnya
- 7) Kain penutup atau tutup ember
- 8) Pisau/cutter untuk mencacah sampah

Tempat:

Halaman sekolah atau area terbuka yang teduh dan memiliki permukaan tanah.

Cara Kerja:

- 1) Cacah bahan organik (kulit buah, daun, sayuran) menjadi ukuran kecil (sekitar 1–2 cm).
- 2) Masukkan bahan-bahan ke dalam ember secara bertahap, mulai dari lapisan daun kering, lalu sisa makanan, dan seterusnya.
- 3) Larutkan gula merah dalam air hangat, dinginkan, lalu tambahkan EM4 ke dalam larutan tersebut.
- 4) Siram larutan EM4 ke seluruh bahan kompos dalam ember.
- 5) Aduk campuran kompos setiap 1–2 hari sekali untuk menjaga sirkulasi udara dan mencegah pembusukan anaerob.
- 6) Tutup ember dengan kain agar tidak terkena sinar matahari langsung namun tetap mendapat udara.
- 7) Setelah \pm 15–21 hari, periksa hasil kompos: warna kehitaman, bau seperti tanah, dan tekstur gembur menandakan kompos siap digunakan.

Catatan:

- 1) Jangan tambahkan bahan anorganik seperti plastik, logam, atau kaca.
- 2) Hindari sisa makanan berminyak atau tulang hewan karena dapat menghambat proses pengomposan.
- 3) Siswa dapat membawa sampel kompos ke sekolah dan membandingkan hasilnya.



5. Perubahan dalam Struktur Komunitas

Komunitas dalam ekologi merujuk pada sekumpulan organisme dari berbagai spesies yang hidup dan berinteraksi dalam suatu area atau habitat tertentu. Setiap komunitas terdiri dari berbagai spesies yang saling bergantung satu sama lain, baik dalam rantai makanan, sebagai pesaing, atau dalam hubungan mutualisme. Dinamika komunitas menggambarkan perubahan yang terjadi dalam komposisi spesies dan interaksi di dalam komunitas tersebut seiring waktu. Proses ini dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, interaksi antar spesies, dan gangguan dari luar, seperti bencana alam atau aktivitas manusia.

Perubahan komunitas dapat dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu **perubahan komunitas siklis** dan **perubahan komunitas nonsiklis**. **Perubahan komunitas siklis** merujuk pada perubahan yang terjadi dalam suatu komunitas yang mengikuti pola berulang atau periodik. Misalnya, perubahan yang terjadi pada ekosistem musiman, seperti pergantian musim, yang mempengaruhi pola hidup dan distribusi spesies di dalamnya. Suksesi yang terjadi di beberapa ekosistem yang kembali ke kondisi awal setelah gangguan tertentu juga termasuk dalam perubahan komunitas siklis.

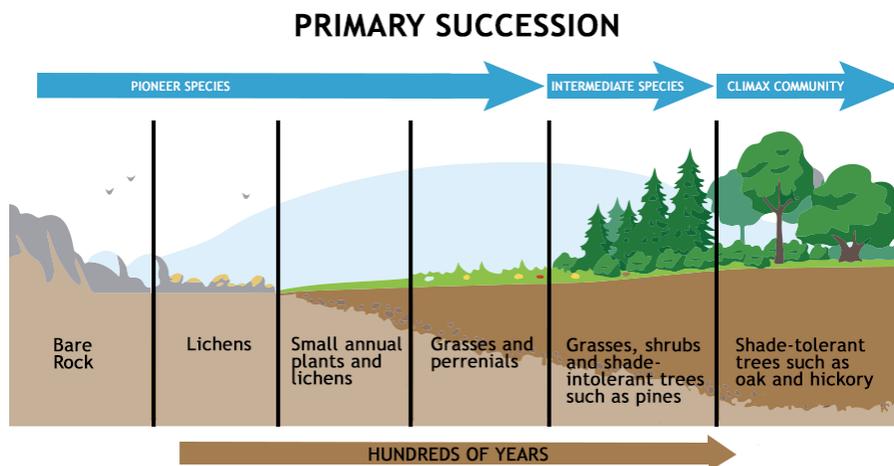
Sebaliknya, **perubahan komunitas nonsiklis** terjadi tanpa pola berulang dan sering kali bersifat lebih acak atau satu arah. Misalnya, perubahan yang dipicu oleh bencana alam seperti kebakaran hutan atau letusan gunung berapi, yang mengubah ekosistem secara permanen. Meskipun demikian, baik perubahan siklis maupun nonsiklis, keduanya merupakan bagian dari dinamika yang alami dalam ekosistem yang terus berkembang.

Suksesi

Suksesi adalah proses perubahan bertahap dalam komposisi spesies dan struktur komunitas ekosistem dari waktu ke waktu. Proses ini terjadi dalam rangka menanggapi perubahan kondisi fisik dan biologis di lingkungan. Suksesi dapat dimulai dari kondisi yang sangat sederhana, seperti area yang baru terbentuk atau terganggu, dan berlanjut menuju ekosistem yang lebih kompleks dan stabil. Terdapat dua jenis utama suksesi, yaitu **suksesi primer** yang dimulai pada area yang tidak ada kehidupan sebelumnya, dan **suksesi sekunder** yang terjadi di daerah yang sebelumnya telah memiliki kehidupan tetapi terganggu oleh gangguan seperti kebakaran atau deforestasi.

Suksesi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu **suksesi primer** dan **suksesi sekunder**, yang masing-masing terjadi dalam kondisi yang berbeda.

a. Suksesi Primer



Proses Suksesi Primer-geeksforgoeks.org

Suksesi primer terjadi di area yang sebelumnya tidak memiliki kehidupan sama sekali, seperti pada **lahan yang baru terbentuk**, seperti hasil letusan gunung berapi, atau pada **daerah yang tidak memiliki tanah**, seperti bebatuan yang baru terbentuk. Proses ini dimulai dengan organisme-organisme pertama yang masuk dan menetap di lingkungan tersebut, yang biasanya adalah mikroorganisme atau tanaman pionir.

▷ Proses Suksesi Primer:

- Kehadiran Tanah

Suksesi primer dimulai dengan terbentuknya tanah dari batuan atau material lain yang tidak mendukung kehidupan sebelumnya. Proses pelapukan batuan oleh cuaca, tanaman pionir, dan organisme lain mengarah pada pembentukan tanah yang dapat mendukung kehidupan.

- Pionir Spesies

Tanaman pionir seperti lumut dan tanaman penutup tanah pertama akan tumbuh di lingkungan ini. Tanaman ini memiliki kemampuan untuk bertahan hidup dalam kondisi yang keras dan membantu pembentukan tanah yang lebih subur. Proses ini berlangsung sangat lambat.

- Perubahan Komunitas

Seiring waktu, tanaman pionir akan menghasilkan bahan organik yang memperkaya tanah, membuatnya lebih subur dan memungkinkan tanaman yang lebih besar untuk tumbuh. Tanaman semak dan pohon kecil akan menggantikan tanaman pionir, yang pada akhirnya menciptakan hutan atau ekosistem yang lebih stabil.

- Mencapai Klimaks

Setelah bertahun-tahun, ekosistem akan mencapai tahap klimaks, yaitu keadaan stabil di mana spesies tumbuhan dan hewan yang lebih kompleks dapat hidup bersama dalam keseimbangan. Ekosistem klimaks ini dapat berupa hutan hujan tropis, padang rumput, atau ekosistem lainnya, tergantung pada kondisi lingkungan.

▷ Contoh Suksesi Primer:

- **Letusan Gunung Berapi:** Setelah letusan gunung berapi, tanah yang sebelumnya tertutup lava yang keras mulai terbuka. Seiring waktu, tanaman pionir seperti lumut dan ganggang mulai tumbuh di permukaan ini. Setelah bertahun-tahun, proses ini akan berkembang menuju hutan yang lebih berkembang.
- **Semenanjung Pantai yang Terbentuk oleh Pasir:** Pantai yang baru terbentuk oleh endapan pasir dapat memulai proses suksesi primer. Tanaman seperti rumput laut dan tanaman gurun pertama akan tumbuh dan menghasilkan tanah yang memungkinkan kehidupan yang lebih beragam.

b. Suksesi Sekunder

Suksesi sekunder terjadi di daerah yang sebelumnya sudah memiliki kehidupan, tetapi telah terganggu atau rusak oleh peristiwa alam atau aktivitas manusia, seperti kebakaran hutan, penebangan pohon, atau bencana alam lainnya. Proses ini lebih cepat daripada suksesi primer karena tanah sudah ada dan ada sisa-sisa kehidupan yang dapat memfasilitasi pemulihan ekosistem.

▷ Proses Suksesi Sekunder:

- Kehadiran Tanah:

Dalam suksesi sekunder, tanah sudah ada dan mengandung bahan organik serta benih tanaman yang masih bertahan. Proses dimulai dengan spesies tanaman pionir yang lebih cepat tumbuh dan lebih tahan terhadap kondisi yang keras.

- **Kembali Tumbuhnya Tanaman dan Hewan:**

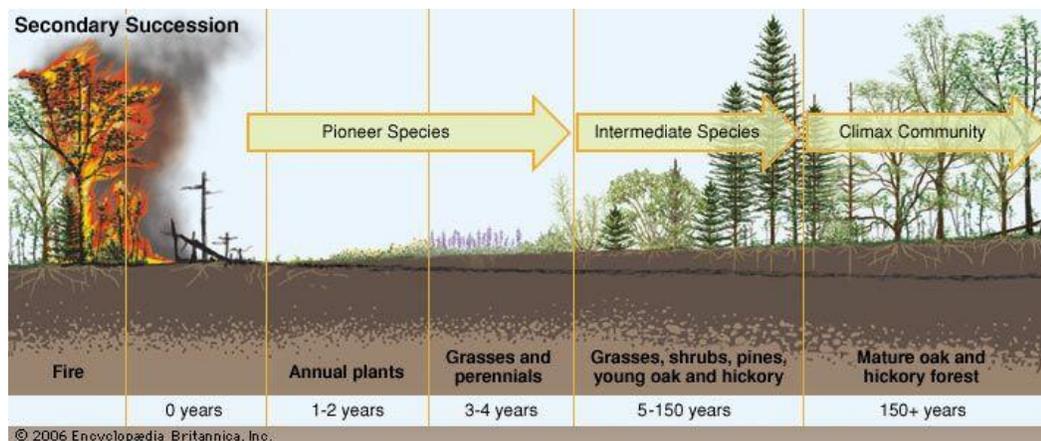
Setelah gangguan, tanaman semak dan rumput mulai tumbuh kembali, diikuti oleh pohon-pohon kecil. Dalam proses ini, tanah sudah memiliki unsur hara dan mikroorganisme yang lebih banyak, memungkinkan lebih banyak spesies tumbuhan dan hewan untuk kembali ke ekosistem tersebut.

- **Pemulihan Ekosistem:**

Tanaman semak, pohon muda, dan spesies lainnya kembali tumbuh, menciptakan keseimbangan ekosistem yang lebih kompleks. Ekosistem ini dapat berkembang menjadi ekosistem yang mirip dengan yang ada sebelum gangguan, seperti hutan atau padang rumput.

- **Mencapai Klimaks:**

Seperti pada suksesi primer, suksesi sekunder juga akhirnya mencapai keadaan klimaks. Namun, karena proses ini dimulai dengan tanah yang sudah ada dan memiliki lebih banyak sumber daya, pencapaian tahap klimaks bisa terjadi lebih cepat.



Proses Suksesi Sekunder-britannica.com

▷ **Contoh Suksesi Sekunder:**

- **Kebakaran Hutan:**

Setelah kebakaran hutan, tanah yang sebelumnya mengandung tanaman dan mikroorganisme akan segera didiami oleh tanaman pionir seperti rumput dan semak. Seiring waktu, hutan dapat pulih dan tumbuh kembali dengan spesies tanaman yang lebih besar.

- **Lahan Pertanian yang Ditelantarkan:**

Jika lahan pertanian yang terbengkalai dibiarkan tanpa digarap lagi, suksesi sekunder akan terjadi. Tanaman pertama yang tumbuh adalah rumput dan tanaman semak, yang akhirnya akan berkembang menjadi hutan jika dibiarkan tanpa gangguan.

Contoh Soal

Suksesi primer terjadi di daerah yang tidak memiliki kehidupan sebelumnya. Salah satu contoh proses suksesi primer yang paling lambat adalah:

- A. Proses terbentuknya terumbu karang
- B. Pembentukan hutan hujan tropis setelah kebakaran hutan
- C. Pembentukan hutan baru setelah letusan gunung berapi
- D. Pertumbuhan tanaman semak di lahan pertanian yang ditinggalkan
- E. Pembentukan padang rumput setelah kebakaran

Jawaban Benar: C. Pembentukan hutan baru setelah letusan gunung berapi

Penjelasan:

Suksesi primer adalah proses perubahan komunitas yang terjadi di daerah yang sebelumnya tidak memiliki kehidupan atau tanah, seperti pada area yang baru terbentuk setelah letusan gunung berapi. Di sini, tanah belum terbentuk atau sangat minim, sehingga prosesnya membutuhkan waktu yang lama, dimulai dengan tumbuhnya organisme pionir seperti lumut dan ganggang yang membantu membentuk tanah untuk mendukung kehidupan yang lebih kompleks.

Proses ini sangat lambat karena memerlukan waktu bertahun-tahun untuk membentuk tanah yang dapat mendukung tanaman besar dan ekosistem yang lebih stabil. Oleh karena itu, pembentukan hutan baru setelah letusan gunung berapi adalah contoh suksesi primer yang paling lambat.



Biologipedia

Dinamika Komunitas

▷ Suksesi Bisa Memakan Waktu Berabad-abad

Proses suksesi, terutama suksesi primer, bisa berlangsung sangat lama—bahkan berabad-abad! Misalnya, setelah letusan gunung berapi, tanah yang baru terbentuk membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk mengembangkan tanah subur yang bisa mendukung kehidupan tanaman besar. Proses ini melibatkan spesies pionir seperti lumut dan ganggang yang membantu membentuk tanah dan mempersiapkan lingkungan untuk spesies lainnya.

▷ Suksesi Sekunder Lebih Cepat dari Suksesi Primer

Suksesi sekunder terjadi lebih cepat daripada suksesi primer karena tanah sudah ada dan mengandung bahan organik yang memungkinkan tanaman tumbuh dengan lebih cepat. Misalnya, setelah kebakaran hutan atau deforestasi, tanaman semak dan pohon kecil bisa kembali tumbuh dalam waktu beberapa tahun, menciptakan ekosistem yang lebih stabil dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan suksesi primer.

▷ Perubahan Komunitas Dapat Dipengaruhi oleh Aktivitas Manusia

Manusia dapat mempercepat atau menghambat proses suksesi melalui aktivitas seperti pertanian, perhutanan, dan urbanisasi. Pengelolaan yang baik dapat mempercepat pemulihan ekosistem yang terganggu, sementara kegiatan destruktif seperti penebangan hutan atau polusi dapat memperlambat proses ini dan bahkan menyebabkan hilangnya spesies secara permanen.





6. Penyesuaian dan Upaya Pengurangan Dampak Perubahan Lingkungan

Perubahan lingkungan, yang disebabkan oleh faktor alami maupun aktivitas manusia, telah menjadi tantangan besar bagi kehidupan di bumi. Dampak dari perubahan ini tidak hanya memengaruhi keseimbangan ekosistem, tetapi juga memengaruhi kesehatan manusia, keberlanjutan sumber daya alam, dan kualitas hidup secara keseluruhan. Untuk itu, penting bagi manusia dan makhluk hidup lainnya untuk beradaptasi dengan perubahan ini dan melakukan upaya mitigasi guna mengurangi dampak negatifnya.

Pengertian Adaptasi dan Mitigasi

- a. **Adaptasi** adalah proses atau upaya makhluk hidup untuk menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan agar dapat bertahan hidup. Dalam konteks lingkungan, adaptasi merujuk pada kemampuan spesies atau ekosistem untuk beradaptasi dengan perubahan iklim atau gangguan lingkungan lainnya.
- b. **Mitigasi** adalah serangkaian tindakan yang diambil untuk mengurangi atau mencegah dampak negatif dari perubahan lingkungan, terutama yang disebabkan oleh pemanasan global dan perubahan iklim. Tujuan mitigasi adalah untuk meminimalkan penyebab perubahan lingkungan, seperti emisi gas rumah kaca, dan mengurangi kerusakan yang dapat terjadi akibat perubahan iklim.

Adaptasi terhadap Perubahan Lingkungan

Adaptasi terhadap perubahan lingkungan dapat terjadi melalui berbagai cara, baik secara alami maupun dengan bantuan teknologi dan kebijakan manusia. Beberapa bentuk adaptasi yang dapat dilakukan oleh makhluk hidup dan manusia adalah:

a. Adaptasi pada Makhluk Hidup

▷ Adaptasi Fisiologis:

Makhluk hidup dapat melakukan perubahan fisiologis untuk bertahan hidup di lingkungan yang berubah. Contohnya adalah perubahan metabolisme pada hewan yang hidup di daerah dengan suhu ekstrem, seperti beruang kutub yang memiliki lapisan lemak tebal untuk mengurangi kehilangan panas tubuh di wilayah kutub. Adaptasi fisiologis lainnya termasuk kemampuan tumbuhan untuk mengatur jumlah air yang mereka konsumsi melalui stomata (pori-pori pada daun) pada saat kekeringan.

▷ Adaptasi Morfologis:

Spesies dapat mengubah bentuk tubuh atau struktur tubuh mereka agar lebih sesuai dengan kondisi lingkungan mereka. Misalnya, beberapa tanaman di daerah gurun memiliki akar yang sangat dalam untuk mengakses air tanah yang terkubur jauh di bawah permukaan tanah. Hewan seperti unta memiliki punuk yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan lemak untuk bertahan hidup di daerah gurun yang sangat panas.

▷ Adaptasi Perilaku:

Makhluk hidup dapat mengubah perilaku mereka untuk menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan. Sebagai contoh, beberapa spesies



Unta-bacakaran.co

burung akan bermigrasi ke daerah yang lebih hangat selama musim dingin untuk mencari makanan dan kondisi hidup yang lebih baik. Tumbuhan juga memiliki adaptasi perilaku, seperti membuka atau menutup daun mereka tergantung pada cuaca atau kondisi cahaya.

b. Adaptasi pada Manusia

▷ **Pertanian Berkelanjutan:**

Dalam menghadapi perubahan iklim dan degradasi tanah, para petani dapat beradaptasi dengan mengubah metode pertanian mereka. Penggunaan tanaman yang lebih tahan terhadap kekeringan, rotasi tanaman, serta metode irigasi yang efisien dapat membantu memastikan hasil pertanian yang berkelanjutan.

▷ **Perubahan Infrastruktur:**

Di daerah yang terpapar risiko bencana alam, seperti banjir, angin kencang, atau kekeringan, adaptasi manusia bisa melibatkan perubahan infrastruktur. Misalnya, membangun rumah yang lebih tahan gempa, menggunakan teknologi penyimpanan air hujan di daerah kekeringan, atau membangun sistem drainase yang lebih baik untuk mencegah banjir.

▷ **Penyuluhan dan Pendidikan Lingkungan:**

Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pelestarian lingkungan dan cara beradaptasi dengan perubahan lingkungan, seperti konservasi air dan energi, dapat membantu masyarakat bertahan dalam situasi yang lebih ekstrim akibat perubahan iklim.

Mitigasi Terhadap Perubahan Lingkungan

Mitigasi terhadap perubahan lingkungan terutama berkaitan dengan upaya mengurangi penyebab utama perubahan iklim dan pencemaran. Beberapa langkah mitigasi yang dapat dilakukan meliputi:

a. Mitigasi dalam Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca

▷ Penggunaan Energi Terbarukan:

Salah satu cara utama untuk mengurangi emisi gas rumah kaca adalah dengan beralih ke energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan, seperti tenaga surya, angin, dan hidro. Mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil (seperti batu bara dan minyak) dapat secara signifikan mengurangi jumlah karbon dioksida (CO₂) yang dilepaskan ke atmosfer.

▷ Efisiensi Energi:

Meningkatkan efisiensi energi dalam sektor industri, transportasi, dan rumah tangga juga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca. Teknologi hemat energi, seperti lampu LED, peralatan rumah tangga berlabel efisiensi energi tinggi, dan kendaraan listrik, dapat mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan.

▷ Penghentian Deforestasi dan Reboisasi:

Deforestasi atau penggundulan hutan adalah salah satu penyebab utama meningkatnya kadar CO₂ di atmosfer, karena pohon-pohon yang seharusnya menyerap CO₂ justru hilang. Salah satu cara mitigasi yang penting adalah menghentikan deforestasi dan melaksanakan program reboisasi atau penghijauan kembali di area yang telah terdegradasi.

▷ Pengelolaan Sampah dan Daur Ulang:

Mengelola sampah dengan bijaksana dan meningkatkan daur ulang bahan-bahan seperti plastik, kaca, dan logam juga membantu mengurangi emisi. Dengan mengurangi sampah yang dibakar

atau dikirim ke tempat pembuangan akhir, kita mengurangi emisi metana, gas rumah kaca yang sangat berbahaya.

b. Mitigasi dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam

▷ Konservasi Air dan Pengelolaan Sumber Daya Alam Secara Berkelanjutan: Pengelolaan air secara berkelanjutan, seperti menggunakan teknologi irigasi hemat air dan pengelolaan air hujan, dapat mengurangi dampak kekeringan. Demikian pula, pengelolaan hutan dan lahan secara bijak dapat mencegah erosi tanah dan degradasi lingkungan.

▷ Pertanian Ramah Lingkungan:

Pertanian berkelanjutan mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dan meningkatkan kesuburan tanah tanpa merusak lingkungan. Praktik seperti penggunaan pupuk organik, rotasi tanaman, dan pertanian agroforestry dapat menjaga keseimbangan ekosistem tanah dan memperbaiki kualitas tanah.

▷ Pengelolaan Ekosistem dan Keanekaragaman Hayati:

Upaya mitigasi yang lain adalah pelestarian keanekaragaman hayati melalui penciptaan kawasan lindung dan taman nasional. Meningkatkan pemahaman tentang pentingnya ekosistem dan spesies yang terancam punah dapat membantu mengurangi kehilangan keanekaragaman hayati.

c. Mitigasi dalam Pengendalian Polusi



Pertanian Agroforestry-wixstatic.com

▷ Pengelolaan Limbah:

Salah satu cara untuk mengurangi pencemaran adalah dengan meningkatkan pengelolaan limbah, seperti menerapkan sistem daur ulang yang efisien, mengurangi penggunaan plastik sekali pakai, dan membuang limbah berbahaya dengan cara yang tepat.

▷ Teknologi Bersih di Industri:

Industri dapat mengurangi dampak lingkungan dengan beralih ke teknologi yang lebih bersih dan ramah lingkungan. Misalnya, menggunakan teknologi untuk mengurangi emisi gas buang dan limbah industri.

Peran Pemerintah dan Masyarakat dalam Adaptasi dan Mitigasi

Untuk mencapai hasil yang efektif dalam adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan lingkungan, dibutuhkan kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, sektor swasta, dan lembaga internasional. Pemerintah dapat membuat kebijakan dan regulasi yang mendukung pelestarian lingkungan, seperti pemberian insentif untuk penggunaan energi terbarukan, regulasi pengurangan emisi gas rumah kaca, dan pembentukan kawasan lindung.

Sementara itu, masyarakat dapat berperan dengan mengubah perilaku mereka, seperti menghemat energi, mendaur ulang, dan menjaga kebersihan lingkungan. Pendidikan dan penyuluhan tentang pentingnya adaptasi dan mitigasi juga akan memainkan peran besar dalam membentuk kesadaran kolektif tentang lingkungan.

Contoh Soal

Salah satu cara untuk mengurangi dampak perubahan iklim adalah dengan beralih ke energi terbarukan. Menggunakan sumber energi seperti tenaga surya dan angin akan:

- A. Menurunkan emisi gas rumah kaca
- B. Meningkatkan ketergantungan pada energi fosil
- C. Memperburuk pemanasan global
- D. Mengurangi keberagaman hayati
- E. Meningkatkan kualitas udara dengan polusi lebih tinggi

Jawaban Benar: A. Menurunkan emisi gas rumah kaca

Penjelasan:

Energi terbarukan seperti tenaga surya dan angin tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca yang dapat menyebabkan pemanasan global. Beralih ke energi terbarukan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang merupakan salah satu sumber utama emisi CO₂ dan polusi udara.



Biologipedia

Adaptasi dan Mitigasi Terhadap Perubahan Iklim

▷ Kota-Kota Hijau untuk Mitigasi Perubahan Iklim

Banyak kota besar di dunia, seperti Copenhagen dan New York, mulai mengadopsi konsep kota hijau yang berfokus pada penggunaan energi terbarukan, transportasi ramah lingkungan, dan penghijauan kota untuk mengurangi dampak perubahan iklim.

▷ Tanaman yang Tahan Kekeringan Mengurangi Dampak Kekeringan

Dalam menghadapi perubahan iklim, para ilmuwan mengembangkan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap kekeringan. Misalnya, padi yang lebih tahan terhadap kondisi kekeringan dapat membantu mengurangi ketergantungan pada air irigasi dan meningkatkan ketahanan pangan.

▷ Penanaman Hutan Mangrove Sebagai Mitigasi Bencana Alam

Hutan mangrove yang terletak di pesisir berfungsi sebagai pelindung alami dari bencana alam seperti tsunami dan badai tropis. Penanaman mangrove secara luas dapat mengurangi kerusakan akibat bencana alam dan melindungi garis pantai dari abrasi.



Rangkuman

Pencemaran udara, air, tanah, dan suara dapat mengancam kelestarian ekosistem dan keberlanjutan sumber daya alam yang sangat bergantung pada kualitas lingkungan. Pencemaran udara menyebabkan gangguan kesehatan dan perubahan iklim, pencemaran air mencemari sumber daya air yang sangat vital bagi kehidupan, sedangkan pencemaran tanah merusak kesuburan tanah dan menurunkan kualitas pertanian. Pencemaran suara juga mengganggu kesehatan manusia dan kehidupan hewan, serta merusak ketenangan ekosistem.

Proses biomagnifikasi menunjukkan bagaimana bahan pencemar, seperti merkuri dan pestisida, dapat terakumulasi dalam rantai makanan dan membahayakan organisme di setiap tingkatan trofik, termasuk manusia. Oleh karena itu, pengelolaan bahan kimia berbahaya dan pengurangan pencemaran sangat penting untuk mencegah dampak jangka panjang terhadap kesehatan manusia dan keberlanjutan ekosistem.

Penanganan limbah yang baik dan efisien sangat penting untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Limbah cair, padat, gas, dan bahan berbahaya harus diolah dengan teknologi yang tepat agar tidak mencemari lingkungan. Pengelolaan limbah yang ramah lingkungan, seperti daur ulang, pengomposan, dan pengolahan limbah industri, dapat membantu menjaga kualitas lingkungan.

Perubahan lingkungan, yang semakin cepat terjadi akibat aktivitas manusia, memerlukan adaptasi dan mitigasi untuk mengurangi dampak negatifnya. Adaptasi melibatkan perubahan perilaku dan penggunaan teknologi untuk beradaptasi dengan perubahan iklim, sementara mitigasi bertujuan mengurangi penyebab perubahan tersebut, seperti pengurangan emisi gas rumah kaca dan penggunaan energi terbarukan.

Pelestarian lingkungan adalah upaya kolektif yang memerlukan partisipasi aktif dari pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta. Dengan meningkatkan kesadaran akan pentingnya lingkungan, mengadopsi teknologi ramah lingkungan, serta menerapkan kebijakan yang mendukung kelestarian alam, kita dapat menjaga keseimbangan ekosistem dan memastikan keberlanjutan kehidupan di bumi.

Latihan Soal

1. Dalam upaya pengelolaan lingkungan, penting untuk memahami dampak dari perubahan iklim terhadap ekosistem. Apa yang akan terjadi jika suhu global meningkat 2°C ?
 - A. Peningkatan keragaman hayati
 - B. Penurunan permukaan laut
 - C. Perubahan pola migrasi hewan
 - D. Meningkatnya ketahanan pangan
 - E. Menurunnya kualitas air tanah
2. Pencemaran udara yang disebabkan oleh emisi karbon dioksida (CO_2) dapat memperburuk pemanasan global. Apa langkah terbaik untuk mengurangi emisi karbon dioksida?
 - A. Meningkatkan jumlah kendaraan bermotor
 - B. Menggunakan bahan bakar fosil secara lebih efisien
 - C. Beralih ke energi terbarukan
 - D. Menanam pohon lebih banyak
 - E. Meningkatkan produksi industri berbasis karbon
3. Biomagnifikasi adalah proses akumulasi bahan pencemar dalam rantai makanan. Apa yang paling mungkin terjadi jika sebuah ekosistem terpapar merkuri dalam jangka panjang?
 - A. Meningkatnya populasi ikan predator
 - B. Peningkatan kadar oksigen terlarut di air
 - C. Penurunan kesehatan manusia melalui konsumsi ikan
 - D. Bertambahnya jumlah plankton di perairan
 - E. Meningkatnya keberagaman spesies di ekosistem tersebut
4. Salah satu penyebab utama pencemaran tanah adalah pembuangan limbah B3. Apa dampak jangka panjang dari pencemaran tanah oleh limbah B3 terhadap ekosistem?
 - A. Meningkatkan kesuburan tanah
 - B. Meningkatkan pertumbuhan tanaman
 - C. Mencemari sumber air tanah dan merusak habitat
 - D. Mengurangi keberagaman hayati secara langsung
 - E. Meningkatkan kualitas udara di sekitar area yang tercemar
5. Bagaimana pengaruh polusi suara terhadap hewan laut, khususnya mamalia laut seperti paus dan lumba-lumba?
 - A. Membantu paus dalam komunikasi jarak jauh

- B. Mengganggu kemampuan navigasi dan komunikasi antar individu
 - C. Menurunkan risiko penyakit pada hewan laut
 - D. Mempercepat proses reproduksi di dalam laut
 - E. Mengurangi intensitas suara alami di perairan
6. Reboisasi atau penanaman pohon kembali dapat membantu mengurangi pencemaran udara. Apa manfaat tambahan dari kegiatan reboisasi yang dilakukan di daerah dataran tinggi?
- A. Mengurangi suhu tanah
 - B. Mengurangi kerusakan tanah akibat erosi
 - C. Menurunkan kelembaban udara secara drastic
 - D. Meningkatkan tingkat karbon dioksida di atmosfer
 - E. Mengurangi keberagaman hayati di daerah tersebut
7. Pencemaran air dapat diukur dengan parameter kimia seperti BOD dan COD. Apa yang dimaksud dengan BOD yang tinggi dalam sebuah badan air?
- A. Air mengandung banyak oksigen terlarut
 - B. Air memiliki banyak mikroorganisme pengurai
 - C. Air bebas dari polutan kimia
 - D. Air mengandung banyak bahan organik yang mudah terurai
 - E. Air tercemar oleh bahan kimia berbahaya

**Akses latihan soal
lainnya di sini yuk!**



Referensi

Ardiansyah, M., & Sulisty, A. (2019). *Pengelolaan Lingkungan dan Sumber Daya Alam*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Hutabarat, R. (2018). *Pencemaran Lingkungan dan Dampaknya terhadap Kesehatan*. Jakarta: Penerbit Salemba Empat.

Nasution, S. (2020). *Teknologi Pengolahan Limbah dan Lingkungan*. Bandung: Penerbit CV Pustaka Setia.

Soedjito, A., & Utami, P. (2021). *Dasar-Dasar Ekologi Lingkungan dan Pencemaran*. Surabaya: Penerbit Universitas Airlangga.

WHO (World Health Organization). (2021). *Environmental Health Criteria: Noise*. Geneva: World Health Organization.

Jumari, J., & Rahman, A. (2020). *Ekologi dan Pelestarian Lingkungan*. Malang: Penerbit UMM Press.

United Nations Environment Programme (UNEP). (2019). *Global Environment Outlook: GEO-6: Regional Assessments*. Nairobi: UNEP.

EPA (Environmental Protection Agency). (2020). *Water Quality Assessment and Monitoring*. Washington, D.C.: U.S. EPA.

Ardiansyah, M., & Sulisty, A. (2019) menjelaskan bahwa pengelolaan limbah yang tepat merupakan langkah penting dalam mencegah pencemaran tanah dan air yang disebabkan oleh aktivitas industri dan domestik.

Menurut Hutabarat (2018), pencemaran udara dan air yang disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor dapat memengaruhi kualitas hidup di perkotaan dengan meningkatkan risiko gangguan pernapasan.

Dalam kajian oleh Nasution (2020), pentingnya teknologi pengolahan limbah di sektor industri dibahas sebagai solusi untuk mengurangi dampak buruk limbah terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

WHO (2021) dalam laporannya menyatakan bahwa kebisingan dapat menyebabkan gangguan pendengaran dan gangguan tidur, serta meningkatkan risiko penyakit jantung pada manusia yang terpapar kebisingan berlebihan.

Sebagai referensi utama, EPA (2020) memberikan pedoman tentang pentingnya pengujian kualitas air untuk menjaga kesehatan masyarakat dan ekosistem perairan.