



**MODUL BIOMEDIK 1
(KES 504)**

**MODUL SESI KE-4
PENGENALAN MIKROBIOLOGI**

DISUSUN OLEH

Dr. Henny Saraswati, S.Si, M.Biomed

Universitas
Esa Unggul

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2021

PENGENALAN MIKROBIOLOGI

A. Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan mahasiswa mampu :

1. Menjelaskan arti mikrobiologi dan ruang lingkup pembelajarannya.
2. Menjelaskan pengelompokan mikroba seperti virus, bakteri dan jamur, serta fungsinya.
3. Memahami sejarah perkembangan mikrobiologi.

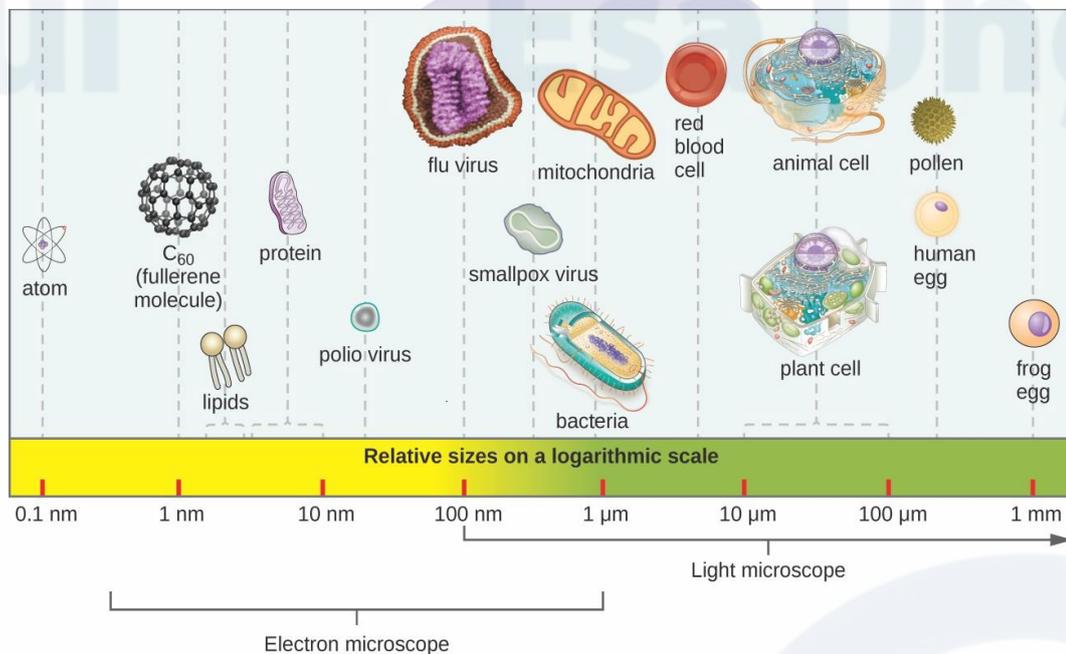
B. Uraian dan Contoh

Pada sesi kali ini kita akan mulai belajar mikrobiologi. Namun, apakah kalian tahu apa mikrobiologi itu? Mungkin kalian sudah tahu jawabannya ya. Karena istilah mikrobiologi ini tidak asing dengan kita. Ya, **mikrobiologi** adalah ilmu yang mempelajari mikroba. Lalu apa arti mikroba ini? **Mikroba** adalah organisme atau agen yang sangat kecil sehingga tidak bisa dilihat dengan mata telanjang. Untuk dapat mengamatinya, kita harus menggunakan alat bantu berupa mikroskop. Organisme atau agen yang termasuk mikroba adalah **bakteri, virus dan fungi (jamur)**. Organisme atau agen inilah yang akan dipelajari di mikrobiologi. Apa saja yang akan dipelajari? Hal-hal yang dapat dipelajari dari mikroba antara lain struktur/bentuknya, perkembangbiakannya, peranannya dalam berbagai bidang, patogenesisnya yang dapat menyebabkan penyakit, cara mengontrol perkembangbiakannya dan lain-lain. Jadi banyak hal yang bisa dipelajari.

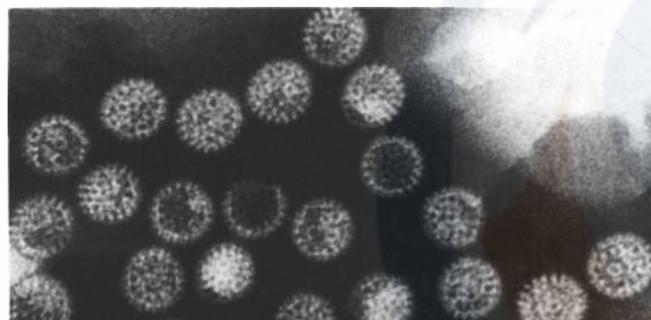


Gambar 1. Virus, fungi dan bakteri adalah organisme atau agen yang dipelajari di mikrobiologi.

Seberapa besar ukuran mikroba sehingga hanya bisa dilihat dengan mikroskop? Ukuran mikroba bervariasi, bakteri sekitar 1 μm (1/1000 mm), sedangkan virus kurang dari 1 μm . Sebegitu kecilnya virus sehingga tidak bisa dilihat dengan mikroskop cahaya. Pengamatan virus harus dilakukan dengan menggunakan mikroskop elektron yang memiliki resolusi lebih tinggi dibandingkan dengan mikroskop cahaya biasa. Sedangkan pada fungi, pada beberapa spesiesnya ada yang dapat membentuk struktur makroskopik yang dapat dilihat dengan mata telanjang. Namun, struktur ini terdiri dari hifa-hifa yang sangat kecil dan harus dilihat dengan mikroskop.



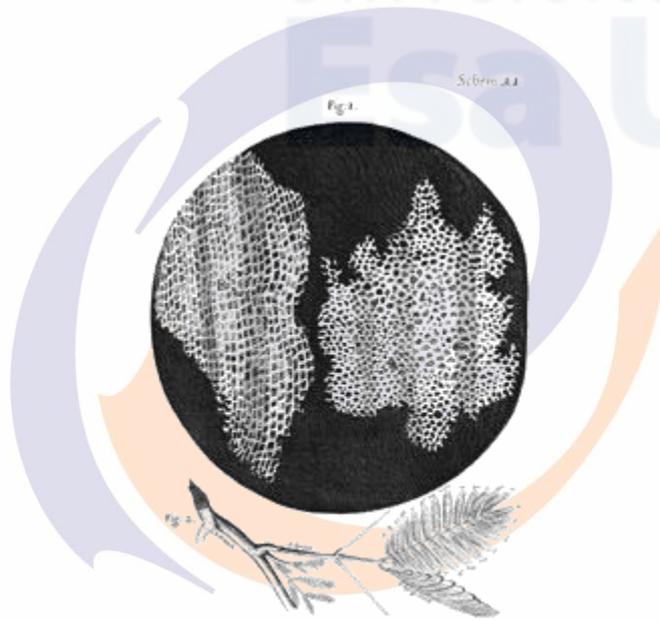
Gambar 2. Ukuran relatif mikroba dibandingkan dengan sel atau molekul lain.



Gambar 3. Struktur Rotavirus, penyebab diare pada anak yang diamati dengan mikroskop elektron (Foto oleh L.Svensson).

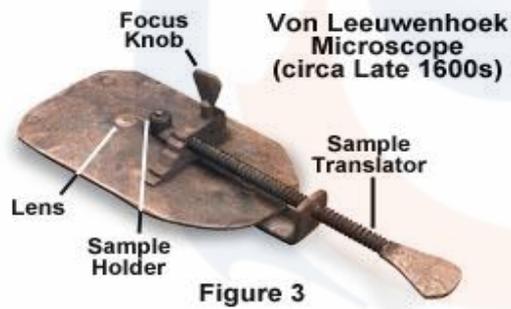
Sejarah Perkembangan Mikrobiologi

Mikrobiologi berkembang dengan diawali pengamatan struktur sel oleh Robert Hooke pada tahun 1660 an. Menggunakan mikroskopnya, Hooke melihat lapisan gabus (kambium) yang ada di bagian terluar dari batang tanaman. Bentuk yang dilihatnya pada mikroskop seperti pori-pori kecil yang mengingatkannya pada bentuk sel di biara. Oleh karena itu Hooke menamakan struktur ini sebagai sel (*cell*). Hal ini kemudian dituliskannya dalam buku *Micrographia*. Meskipun hasil pengamatan Hooke masih terlihat sederhana, tetapi hal ini membuka pengetahuan manusia tentang adanya sel yang menyusun makhluk hidup.

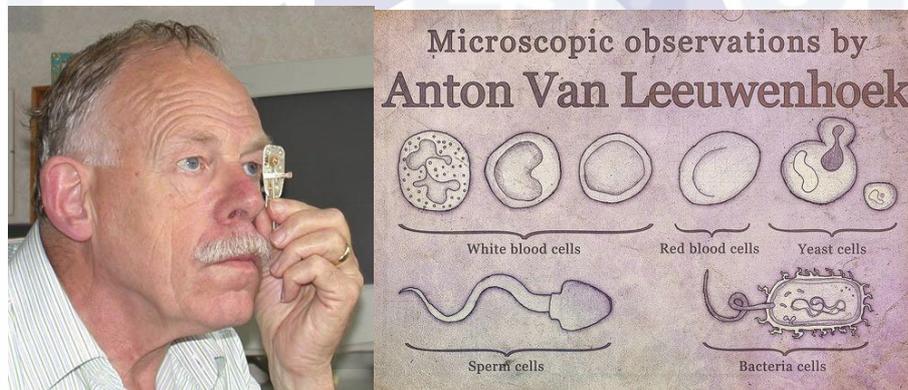


Gambar 4. Hasil pengamatan sel oleh Robert Hooke dari lapisan gabus tanaman yang dipublikasikan melalui buku “Micrographia”.

Setelah itu, Anthony van Leeuwenhoek menggunakan mikroskop buatannya untuk mengamati mikroba. Leeuwenhoek merupakan orang pertama yang dapat mengamati protozoa dan bakteri. Selain itu, Leeuwenhoek juga dapat mengamati struktur sperma, sel-sel darah merah dan jaringan otot menggunakan mikroskopnya. Oleh karena itu, Leeuwenhoek dikenal sebagai penemu mikroskop yang dapat digunakan untuk mengamati mikroba.



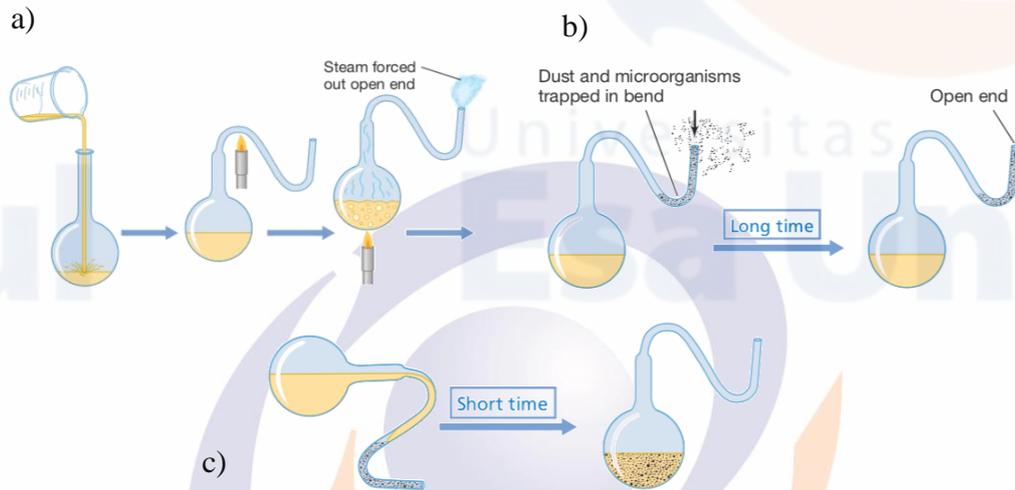
Gambar 5. Anthony van Leeuwenhoek (kiri) menggunakan mikrosko buatannya untuk mengamati mikroorganisme (mikroba) (kanan).



Gambar 6. Cara penggunaan mikroskop Leeuwenhoek (kiri) dan hasil pengamatan Leeuwenhoek menggunakan mikroskop buatannya.

Perkembangan mikrobiologi juga dilengkapi oleh eksperimen yang dilakukan oleh Louis Pasteur (1864). Pasteur ingin membuktikan bahwa organisme tidak berasal dari makhluk tidak hidup (*generatio spontanea*) tetapi merupakan hasil dari perkembangbiakan organisme sebelumnya. Untuk membuktikan hal tersebut. Pasteur memasukkan kaldu ke dalam labu ukur. Ujung dari labu ukur ini dia bengkokkan sehingga membentuk seperti huruf S. Kaldu ini kemudian dipanaskan, kemudian didinginkan setelah beberapa waktu. Ternyata pada kaldu tidak didapatkan organisme yang tumbuh. Kemudian Pasteur memecahkan ujung labu ukur sehingga kaldu dengan bebas terekspos dengan udara. Setelah beberapa saat, terlihat bahwa kaldu menjadi keruh menandakan ada mikroba yang tumbuh pada kaldu tersebut. Hasil percobaan ini membuktikan bahwa mikroba dalam kaldu tidak

serta merta ada tetapi hasil dari masuknya mikroba yang ada di udara. Hal ini juga diperkuat dengan percobaan lain, dimana ujung labu ukur berbentuk S tidak dipecahkan, namun posisi labu dimiringkan. Sehingga kaldu akan bergerak menuju ke ujung labu dan terpapar udara luar. Hasilnya adalah adanya mikroba yang tumbuh pada kaldu tersebut.



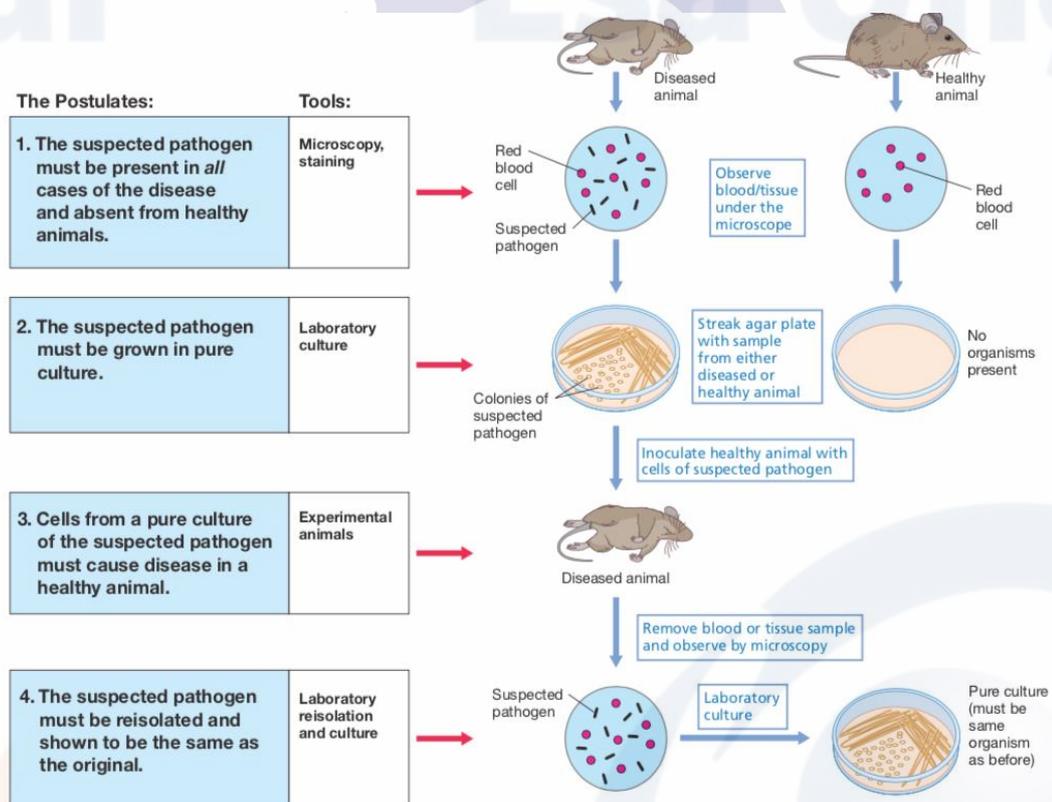
Gambar 7. Percobaan Louis Pasteur dengan labu ukur yang diisi kaldu dan kemudian dipanaskan (a), setelah beberapa waktu kaldu tetap jernih, tidak terkontaminasi mikroba (b), jika labu ukur dimiringkan sehingga kaldu dapat terpapar oleh debu dan mikroba di udara, maka kaldu akan terkontaminasi mikroba (c).

Era pada saat Pasteur melakukan percobaan ini disebut-sebut sebagai era keemasan mikrobiologi. Masa-masa keemasan mikrobiologi disebut terjadi dalam rentang waktu 1857-1914, karena pada masa-masa tersebut banyak sekali ditemukan penyakit yang disebabkan oleh bakteri. Hal ini memacu para peneliti untuk dapat memahami bakteri dan mikroba pada umumnya sehingga mikrobiologi berkembang pesat. Selain itu, kemunculan banyak penyakit akibat infeksi bakteri menyebabkan Hermann Robert Koch melakukan berbagai pengamatan dan menghasilkan **Postulat Koch**. Apa itu Postulat Koch? Postulat Koch adalah serangkaian kriteria yang ditetapkan untuk mengetahui hubungan antara penyakit dan bakteri. Dengan kata lain penentuan apakah suatu bakteri adalah penyebab dari

suatu penyakit dapat ditentukan dengan Postulat Koch. Bahkan Postulat Koch ini masih dipakai hingga saat ini.

Postulat Koch

1. Mikroorganisme harus terdapat pada setiap kasus penyakit, namun tidak bisa ditemukan pada orang sehat
2. Mikroorganisme terduga harus dapat diisolasi dan dapat ditumbuhkan pada kultur murni
3. Penyakit yang sama dapat timbul dari hasil inokulasi mikroorganisme tersebut pada orang sehat
4. Mikroorganisme yang sama harus dapat diisolasi dari inang yang sakit

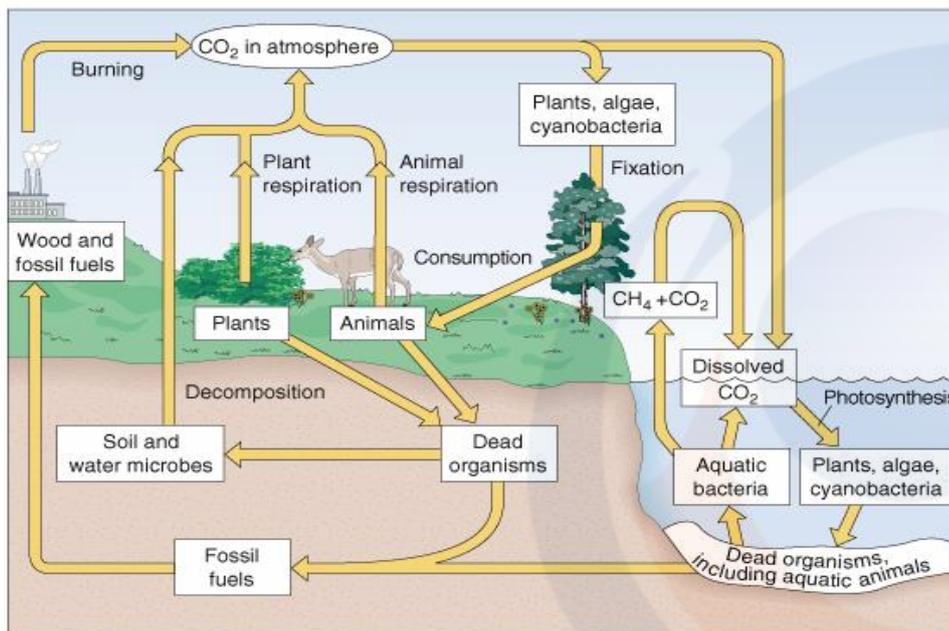


Gambar 8. Postulat Koch digunakan untuk menentukan apakah suatu bakteri merupakan penyebab suatu penyakit.

Lalu mengapa kita harus mempelajari mikroba? Banyak alasan yang mengemuka mendasari tujuan mengapa kita harus mempelajari mikroba. Pertama adalah karena mikroba berperan dalam berbagai siklus yang penting bagi kehidupan

organisme, seperti siklus nitrogen, siklus karbon, siklus karbon, siklus sulfur dan lain-lain. Peran yang sangat penting ini seringkali terlupa saat kita membahas mengenai mikroba. Hal yang paling diingat adalah peran mikroba sebagai penyebab penyakit. Padahal ada banyak spesies mikroba yang justru banyak berperan dalam suplai berbagai unsur penting kehidupan organisme. Berbagai unsur seperti karbon, nitrogen dan oksigen merupakan unsur yang tersedia di bumi dan akan selalu diresiklus (recycle) sehingga dapat membantu organisme bertahan hidup. Kekurangan unsur-unsur penting ini di bumi dapat mengakibatkan gangguan kehidupan organisme.

Karbon (C) dibutuhkan organisme. Hampir semua unsur molekul dalam tubuh organisme tersusun oleh atom karbon, seperti gula, protein, asam nukleat, lipi dan lain-lain. Sedangkan air hanya tersusun dari atom hydrogen dan oksigen. Selain itu karbon yang merupakan molekul anorganik, dapat diubah oleh tanaman menjadi oksigen yang merupakan molekul organik melalui proses fotosintesis dan menghasilkan energi. Oksigen sendiri juga diperlukan dalam proses respirasi sel sehingga dapat menghasilkan energi bagi organisme lain seperti hewan dan manusia. Siklus karbon di bumi dapat menjaga ketersediaan karbon bagi organisme.

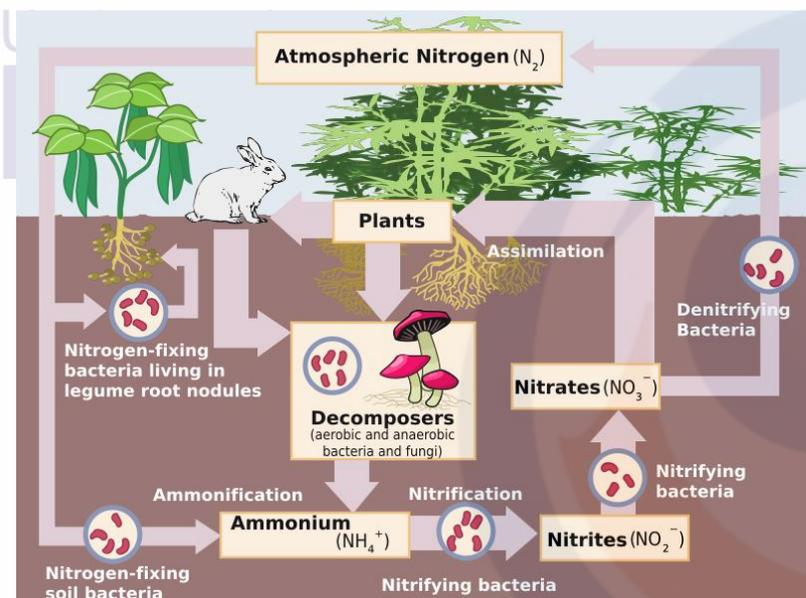


Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Gambar 9. Siklus karbon di bumi.

Karbon berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, hasil respirasi atau juga aktivitas pembusukan organisme yang mati. Karbon-karbon ini dilepas ke udara menjadi CO_2 . Molekul ini kemudian dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk fotosintesis menghasilkan energi dan oksigen. Molekul oksigen kemudian dapat dimanfaatkan oleh organisme lain seperti hewan dan manusia untuk menghasilkan energi. Ketika organisme mati, maka mikroba berperan penting dalam proses pembusukan sehingga menghasilkan molekul organik yang dapat digunakan oleh tanaman sebagai sumber nutrisi. Selain di daratan, CO_2 juga dapat larut di air dan dimanfaatkan oleh lag, bakteri fotosintetik untuk menghasilkan molekul organik yang penting bagi organisme perairan dan energi. Jika hewan perairan mati maka proses penguraiannya memerlukan bakteri yang hasilnya berupa sumber nutrisi bagi hewan dan tumbuhan perairan.

Nitrogen (N) juga merupakan unsur yang sangat penting bagi organisme. Unsur ini sangat penting dalam pembentukan protein maupun asam nukleat. Unsur ini tersedia di atmosfer dalam bentuk gas yang belum dapat dimanfaatkan oleh organisme. Kemudian oleh bakteri yang dapat memfiksasi nitrogen (*nitrogen-fixing bacteria*), gas ini kemudian diubah menjadi ammonium (NH_4^+). Bakteri memfiksasi nitrogen dapat hidup bebas di tanah seperti *Azotobacter sp.*, atau bisa juga terdapat pada nodul akar tanaman kacang-kacangan seperti bakteri *Rhizobium sp.*



Gambar 10. Siklus nitrogen yang terjadi di bumi.

Selain dari atmosfer, sumber nitrogen juga didapatkan dari penguraian/pembusukan organisme yang mati. Proses penguraian ini dilakukan oleh bakteri. Amonium yang dihasilkan dari proses fiksasi nitrogen kemudian diubah oleh bakteri *Nitrosomas sp.* menjadi nitrit (NO_2^-) dan nitrat (NO_3^-) oleh bakteri *Nitrobacter sp.* Proses ini disebut dengan nitrifikasi. Bentuk nitrat inilah yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman sebagai sumber nitrogen. Hal ini kemudian dapat diteruskan kepada organisme lain yang memakan tanaman tersebut dan seterusnya melalui rantai makanan.

Selain penting dalam berbagai siklus unsur penting di bumi, mikroba ada yang dapat menyebabkan penyakit. Hal ini juga menjadi alasan mengapa mikroba penting untuk dipelajari. Sehingga kita dapat mengetahui bagaimana caranya dapat menyebabkan penyakit, dapat mengetahui cara penularannya, cara pengobatan dan pencegahan penyakit. Contoh penyakit yang disebabkan oleh virus seperti influenza atau Hepatitis C, kemudian dari bakteri ada penyakit tipus dan dari fungi ada beberapa penyakit kulit yang disebabkan. Selain terhadap manusia mikroba juga dapat menyebabkan penyakit pada hewan dan tumbuhan.



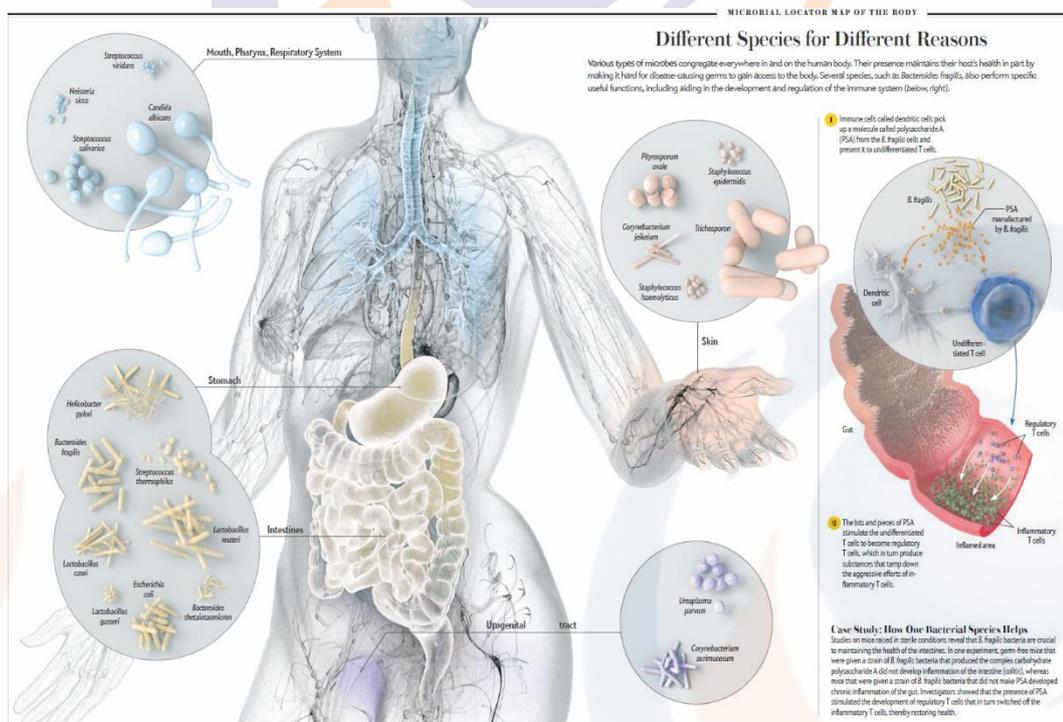
Gambar 11. Mikroba dapat menyebabkan penyakit pada manusia, hewan maupun tumbuhan.

Selain itu, terdapat juga beberapa alasan mengapa mikroba harus dipelajari. Mikroba merupakan organisme atau agen **kosmopolitan**, artinya terdapat dimana-mana. Kita dapat menemukan mikroba dari daerah yang sangat panas, semisal di area sekitar kawah gunung berapi hingga ke tempat yang sangat dingin seperti di kutub. Kita juga dapat menemukan mikroba di daratan dan lautan, dari daerah yang banyak oksigen hingga kedalaman tanah dan air yang tidak banyak oksigen. Pengetahuan mengenai mikroba-mikroba ini sangat penting untuk

mengetahui bagaimana mereka dapat beradaptasi dalam lingkungan yang berbeda-beda, dimana hal ini dapat dimanfaatkan untuk kebaikan kehidupan manusia.

Jumlah mikroba yang sangat banyak juga menjadi alasan perlunya kita mempelajari mikroba. Bahkan para ahli memperkirakan bahwa jumlah mikroba melebihi jumlah organisme lain di bumi ini. Saat ini kita hanya mengetahui sebagian kecil mikroba dan apa peranannya. Sedangkan yang lain belum teridentifikasi dengan baik. Terutama mikroba-mikroba di laut yang jumlahnya sangat besar yang belum teridentifikasi.

Mikroba juga diketahui dapat berperan **penting dalam berbagai bidang** kehidupan. Selain kesehatan, mikroba juga diketahui dapat berperan penting dalam bidang industri, lingkungan dan lain-lain. Selain itu, mikroba juga **penting untuk perkembangan ilmu pengetahuan**. Mikroba dapat digunakan sebagai bahan riset di laboratorium. Sudah banyak sekali penemuan yang melibatkan mikroba, seperti berbagai penemuan di bidang rekayasa genetika, penemuan kandidat vaksin, dalam penelitian tentang enzim dan lain-lain.



Gambar 12. Di tubuh manusia terdapat banyak mikroba.

Di tubuh manusia sendiri banyak sekali mikroba yang hidup dan membantu aktivitas kehidupan. Seperti bakteri yang ada di organ pencernaan yang membantu dalam proses pencernaan makanan dan membuang sisa makanan yang tidak diperlukan oleh tubuh. Pun di saluran reproduksi, bakteri yang ada di dalamnya dapat membantu keseimbangan kondisi lingkungan organ reproduksi sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroba patogen (mikroba penyebab penyakit) dan lain-lain.

Peranan mikroba di dunia industri

Salah satu bidang industri yang banyak memanfaatkan mikroba adalah industri makanan. Pembuatan bahan makanan yang memanfaatkan mikroba telah dimulai sejak lama. Mungkin kalian pernah mendengar atau mengonsumsi tempe, kecap atau roti. Apakah kalian tahu bahwa makanan-makanan ini dibuat dengan bantuan mikroba? Tempe contohnya yang terbuat dari kacang kedelai. Bahan makanan ini kemudian dicampur dengan salah satu jenis fungi yaitu *Rhizopus sp.* Fungi ini kemudian memfermentasi kedelai sehingga terbentuk struktur tempe yang kita kenal. *Rhizopus sp.* menyebabkan kedelai menjadi lebih lunak dan menghasilkan nutrisi yang sangat baik diperlukan oleh tubuh. Selain itu fungi ini juga dapat menghasilkan antimikroba yang dapat menghambat beberapa fungi patogen. Hal ini sangat baik untuk proses konsumsi tempe. Selain tempe, beberapa bahan makanan lain juga dihasilkan dari fermentasi mikroba (bakteri atau fungi), seperti oncom, kecap, cuka, keju dan lain-lain. Kalian mungkin bisa menambah daftar nama bahan makanan lain sehingga menjadi lebih panjang.



Gambar 13. Keju dan oncom merupakan makanan yang dibuat dari fermentasi mikroba (bakteri dan fungi).

Pemanfaatan mikroba untuk makanan ini bukan hanya dilakukan pada skala rumah tangga saja, tetapi hingga skala industri besar. Industri pengolahan susu merupakan salah satu industri skala besar dengan memanfaatkan mikroba.

Pemanfaatan mikroba dalam **bidang pertanian** sudah cukup jelas, bahwa mikroba sangat penting untuk peningkatan kesuburan tanah. Beberapa spesies mikroba dapat digunakan sebagai pupuk alami (*biofertilizer*), dimana pupuk alami ini memiliki kelebihan dibandingkan pupuk kimia. Pupuk alami sesuai dengan namanya lebih aman digunakan karena tidak merusak lingkungan. Hal ini tidak sama dengan pupuk kimia yang jika digunakan secara terus menerus dapat menurunkan kualitas tanah dan akhirnya dapat menurunkan kualitas dan kuantitas hasil panen tanaman. Selain itu mikroba secara alami memang dapat membantu tanaman mendapatkan nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya, seperti adanya bakteri yang dapat memfiksasi nitrogen atau menghasilkan hormon pertumbuhan atau senyawa penghambat hama tanaman. Hal ini menjadikan mikroba dapat berperan penting dalam bidang pertanian.



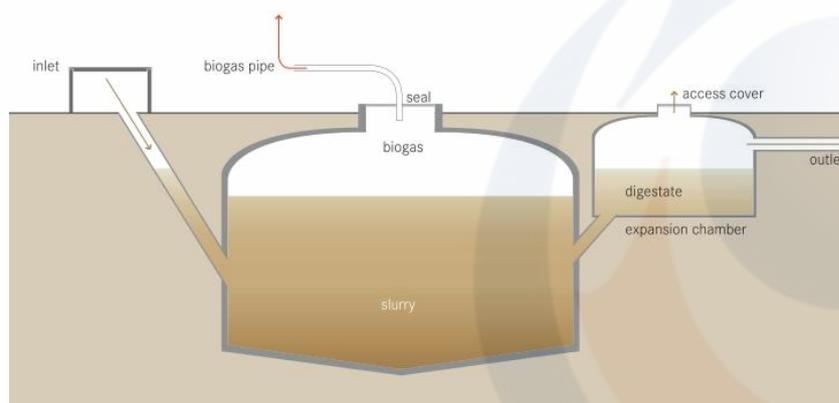
Gambar 14. *Biofertilizer* merupakan pupuk yang dibuat dari mikroba yang dapat memfiksasi nitrogen dan dapat meningkatkan kualitas tanah.

Di dalam bidang lingkungan, mikroba dapat digunakan untuk mengolah limbah. Limbah-limbah organik dapat diubah menjadi pupuk kompos, Seperti data

yang ada, bahwa sekitar 60% limbah di Indonesia merupakan limbah organik. Sehingga penanganan limbah organik menjadi pupuk kompos sangat diperlukan.



Gambar 15. Komposisi limbah di Indonesia yang sebagian besar justru merupakan limbah organik memerlukan penanganan yang serius.



Gambar 16. Skema fermentor untuk fermentasi anaerob yang dapat menghasilkan biogas dan pupuk kompos. (sumber: Tilley et al, 2014).



Gambar 17. Fermentor untuk reaksi anaerob (sumber: <https://www.biocycle.net/>).

Pembuatan pupuk kompos dalam skala industri besar memerlukan fermentor yang merupakan tempat fermentasi limbah organik oleh mikroba. Hasil dari fermentasi ini berupa pupuk kompos yang siap dipakai dan juga biogas yang dapat dimanfaatkan juga sebagai sumber bahan bakar.

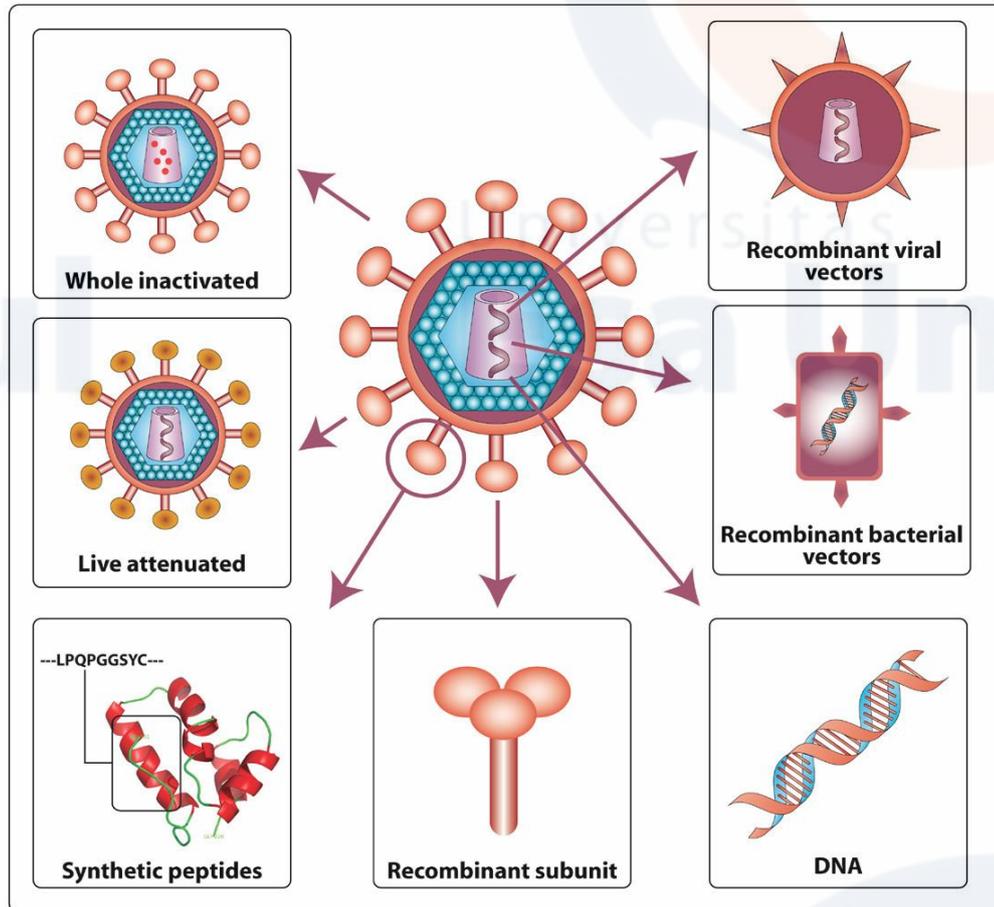
Selain itu, mikroba juga dapat digunakan untuk **bioremediasi**, artinya mengolah limbah berbahaya menjadi tidak berbahaya. Contohnya adalah penguraian limbah minyak, bisa menggunakan mikroba.

Di bidang kesehatan, penggunaan mikroba untuk peningkatan kesehatan masyarakat sudah banyak dilakukan. Seperti dalam rekayasa genetika untuk menghasilkan **insulin sintetik**. Produk biofarmasetika ini sangat diperlukan bagi penderita diabetes. Dengan peningkatan jumlah penderita diabetes di dunia, maka kebutuhan akan insulin sintetik juga semakin besar. Sehingga produksinya dengan teknologi rekayasa genetika menggunakan mikroba sangatlah membantu.



Gambar 18. Produksi insulin sintetik menggunakan mikroba.

Produksi vaksin juga sangat memerlukan mikroba. Vaksin dibuat dengan beberapa pendekatan seperti menggunakan virus atau bakteri utuh yang dilemahkan, menggunakan bagian dari virus atau bakteri atau menggunakan material genetiknya.



Gambar 19. Berbagai pendekatan vaksin. Pada gambar adalah contoh pendekatan vaksin HIV (sumber: Wikipedia).

Kesimpulan

Mikroba merupakan organisme yang berukuran sangat kecil, sehingga dalam pengamatannya harus menggunakan mikroskop. Mikroba dipelajari dalam mikrobiologi. Terdapat berbagai alasan mengapa kita harus mempelajari mikroba, di antaranya karena mikroba berperan dalam berbagai bidang, seperti kesehatan, pertanian, lingkungan dan lain-lain.

C. Latihan

- a. Apa yang dimaksud dengan mikroba?
- b. Mikroba terdapat di berbagai belahan dunia. Sifat ini menyebabkan mikroba disebut sebagai makhluk.....
- c. Contoh peranan mikroba dalam bidang kesehatan adalah

D. Kunci Jawaban

- a. Organisme atau agen yang berukuran sangat kecil.
- b. Kosmopolitan.
- c. Pemanfaatannya dalam pembuatan vaksin.

E. Daftar Pustaka

1. Reece, J.B et al. Campbell Biology. 6th Ed. Benjamin Cummings. Boston. 2011.
2. Tilley, E. et al. 2014. Compendium of Sanitation System and Technologies - 2nd Revised Edition. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf. Switzerland.