



**MODUL BIOINDUSTRI
(IBL 610)**

**MODUL SESI KE-2
MIKROBA DALAM INDUSTRI**

DISUSUN OLEH

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

Universitas
Esa Unggul

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2020

MIKROBA DALAM INDUSTRI

A. Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan mahasiswa mampu :

1. Menjelaskan karakteristik bakteri
2. Menjelaskan karakteristik jamur
3. Menjelaskan cara perbanyak mikroba
4. Menjelaskan cara isolasi mikroba
5. Menjelaskan proses perbaikan strain mikroba dengan rekayasa genetika
6. Menjelaskan cara penyimpanan kultur.

B. Uraian dan Contoh

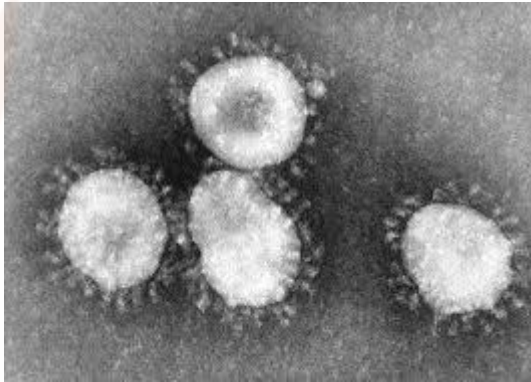
1. Tujuan Perkuliahan

Perkuliahan sesi ke-2 ini akan banyak membahas tentang penggunaan mikroba di dunia industri. Tujuan dari perkuliahan kali ini antara lain :

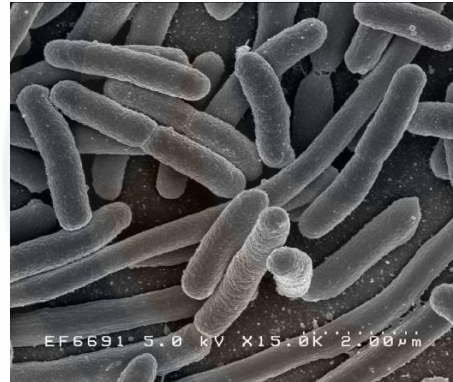
- Menjelaskan karakteristik bakteri.
- Menjelaskan karakteristik jamur.
- Menjelaskan cara perbanyak mikroba.
- Menjelaskan cara isolasi mikroba.
- Mengetahui pemanfaatan mikroba dalam industri pangan.
- Mengetahui pemanfaatan mikroba dalam industri farmasi.
- Mengetahui pemanfaatan mikroba dalam penanganan limbah industri.
- Mengetahui contoh produk Rekayasa mikroba dalam industri.

2. Pemanfaatan mikroba di dunia industri.

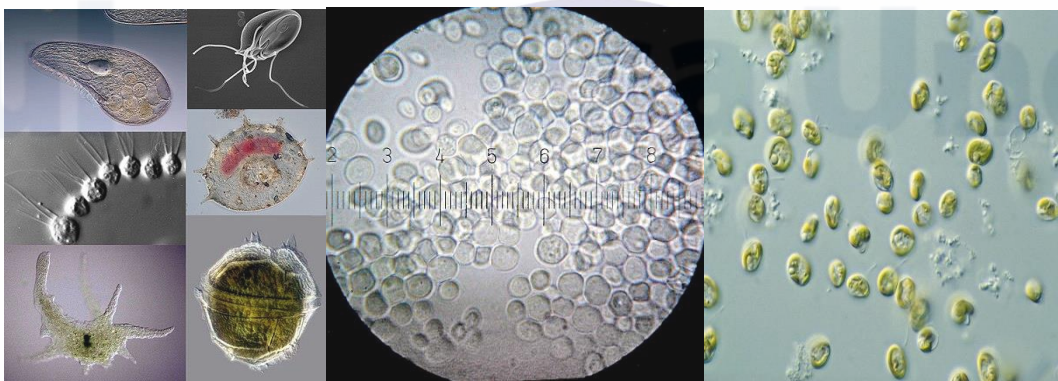
Sebelum kita masuk ke dalam inti pembelajaran tentang bagaimana pemanfaatan mikroba dalam dunia industri, akan lebih baik jika kita menelaah kembali apa itu mikroba. Apakah anda masih mengingat apa yang dimaksud dengan mikroba? Mikroba adalah suatu organisme yang berukuran sangat kecil, yang tidak dapat dilihat melalui mata telanjang. Untuk dapat melihatnya, kita memerlukan alat khusus yaitu mikroskop. Beberapa organisme yang digolongkan dalam mikroba antara lain adalah virus, bakteri, fungi, protozoa, archaea dan mikroalga.



Virus



Bakteri



Protozoa

Fungi

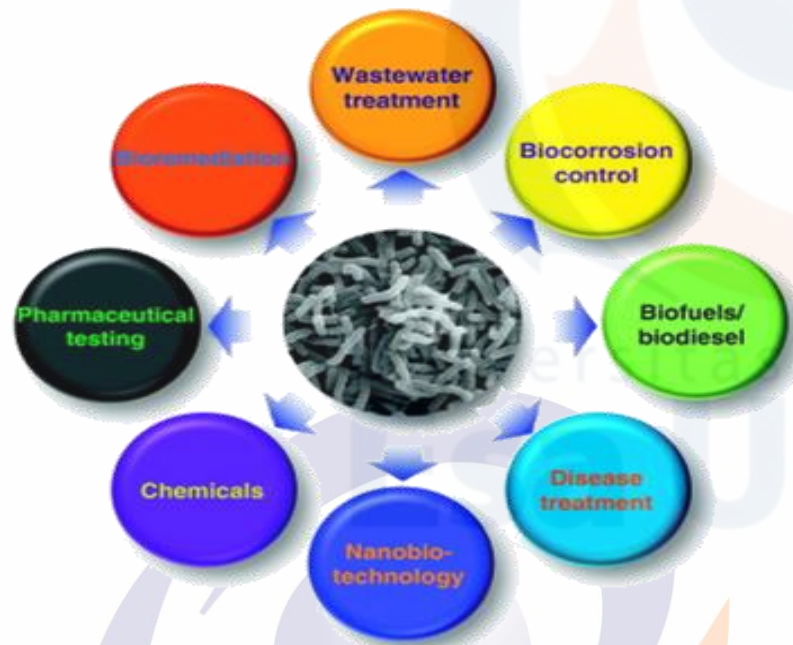
Mikroalga

Gambar 1. Beberapa organisme yang digolongkan sebagai mikroba.

Habitat hidup mikroba itu sangat bervariasi dari daratan, lautan dan pegunungan. Mikroba dapat hidup di tanah, air, makanan, saluran pencernaan hewan, bebatuan hingga ke dasar lautan. Jika kita cermati, mikroba ini dapat hidup pada lingkungan yang sangat luas. Selain itu, mikroba juga diketahui memiliki variasi yang sangat banyak. Sebagian besar mikroba merupakan organisme yang menguntungkan bagi manusia, akan tetapi perhatian yang sangat besar justru dilakukan pada mikroba patogen yang mengakibatkan penyakit pada manusia, hewan dan tumbuhan.

Pemanfaatan atau eksploitasi mikroba pada berbagai bidang, seperti pada pembuatan obat-obatan, penanganan limbah, riset di bidang obat-obatan, bioremediasi dan lain-lain. Pemanfaatan mikroba pada berbagai bidang ini tentu tidak lepas dari beberapa kelebihan mikroba yang tidak dimiliki oleh organisme

lain. Sampai sekarang, pemanfaatan mikroba terus berkembang dalam industri bidang kimia, pangan, tekstil, kertas, pertanian dan lingkungan.



Gambar 2. Pemanfaatan mikroba pada berbagai bidang.

Tabel 1. Beberapa contoh spesies mikroba yang dimanfaatkan untuk menghasilkan beberapa produk.

Industri	Mikroba	Produk
Kimia	<i>Clostridium</i>	Isopropanol, aseton, butanol (pelarut)
	<i>Bacillus</i>	As. akrilat (bahan pembuat plastik)
	<i>Bacillus subtilis</i>	Subtilisin (bahan detergen)
	<i>Xanthomonas campestris</i>	Xantan (pengental)
	<i>Methanobacterium</i>	Metan
	<i>Micrococcus luteus</i>	Hidrokarbon (petroleum)
	<i>Magnetospirillum magneticum</i>	Mineral (biomineralisasi)
Pangan	<i>Acetobacter aceti</i>	Asam cuka
	<i>Brevibacterium</i>	As. amino (Alanin, triptofan, as. glutamat)
	<i>Propionobacterium</i>	Vitamin (Cyanocobalamin)
	<i>B. amyuloliquifaciens</i>	Enzim (α amilase dan α glukosidase)
Pertanian	<i>Gibberella fujikuroi</i>	Hormon tumbuhan (Giberelin)
	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Insektisida
	<i>Rhizobium leguminosorum</i>	Biofertilizer
Kesehatan	<i>Bacillus brevis</i>	Antibiotik (Gramisidin, Tirosidin)
	<i>Bacillus polimyxa</i>	Antibiotik (Polimiksin B)
	<i>Pseudomonas sp</i>	Dospatin (menurunkan tekanan darah)
Pertambangan	<i>Thiobacillus ferrooxidans</i>	Tembaga, uranium, seng, timah hitam, emas, cobalt, nickel
	<i>Leptospirillum ferrooxidans</i>	
Enzim	<i>Trichoderma viride</i> , <i>Penicillium funiculosum</i>	Selulase
	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>B. subtilis</i>	Xylanase
	<i>B. subtilis</i> , <i>B. licheniformis</i>	Protease

Pada tabel di atas terlihat beberapa mikroba yang dapat digunakan untuk menghasilkan produk di bidang bahan kimia seperti isopropanol, asam akrilat,

xantan dan lain-lain. Pada proses untuk menghasilkan produk pangan bisa digunakan *Acetobacter aceti* untuk menghasilkan asam cuka, *Brevibacterium* untuk menghasilkan asam amino tertentu, dan lain-lain. Pada bidang pertanian *Bacillus thuringiensis* telah diketahui secara luas dapat dimanfaatkan menjadi insektisida alami. Antibiotik yang sangat diperlukan untuk pengobatan infeksi bakteri dapat dihasilkan oleh *Bacillus brevis*, *Bacillus previa*, dan lain-lain.

Mikroba terdapat secara luas di alam. Sehingga, pemanfaatan mikroba ini bisa diisolasi dari alam. Penggunaan mikroba dari alam ini harus memperhatikan beberapa hal seperti jenis produk yang ingin dihasilkan. Setiap mikroba memiliki kemampuan masing-masing untuk menghasilkan produk. Seperti pada Tabel 1 di atas, terlihat bahwa setiap mikroba dapat menghasilkan produk tertentu untuk bidang tertentu. Maka kita harus tahu, spesies mikroba apa dapat menghasilkan produk apa. Kemudian kita juga harus mengetahui jenis kelompok mikroba apa dapat digunakan untuk produksi bahan tertentu, apakah termasuk dalam virus, bakteri, fungi dan lain-lain. Hal ini dapat berguna untuk menumbuhkan mikroba tertentu yang pasti memerlukan kondisi khusus, seperti suhu, pH, kebutuhan akan oksigen dan lain-lain. Selain hal-hal tersebut, jalur biosintesis produk dan medium pertumbuhan mikroba juga harus diperhatikan.

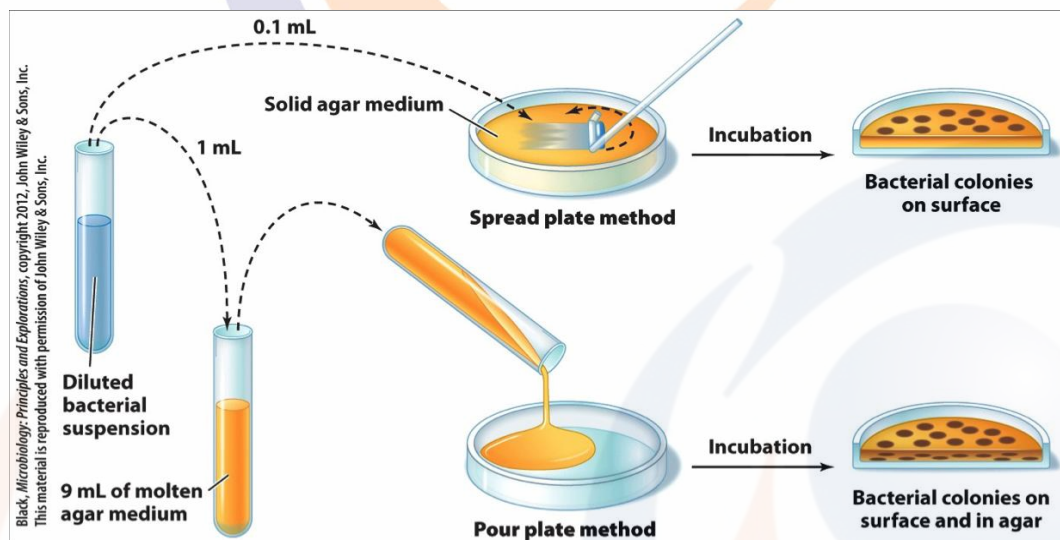


Gambar 3. Mikroba dapat diisolasi dari alam dan dimanfaatkan untuk menghasilkan produk.

Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan untuk bisa memanfaatkan mikroba di industri. Tahapan tersebut adalah:

1. Isolasi mikroba.
2. Seleksi mikroba.
3. Karakterisasi dan Identifikasi.
4. Pemeliharaan kultur.
5. Propagasi kultur.
6. Pembuatan starter.
7. Fermentasi.
8. Scale up.
9. Pengembangan mutan jika diperlukan.
10. Aplikasi dalam Industri.

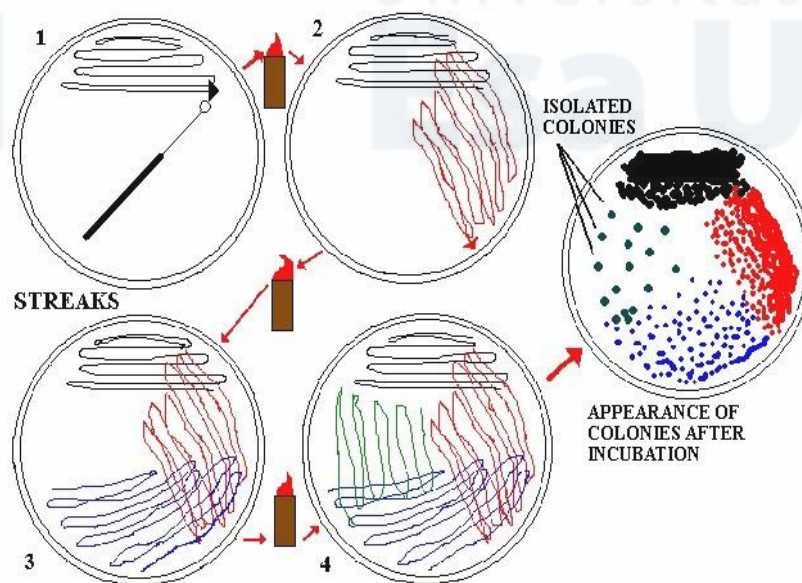
Proses isolasi mikroba bisa dilakukan dengan menumbuhkannya pada medium yang tepat. Contoh cara isolasi mikroba dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar ini memperlihatkan bagaimana cara menumbuhkan bakteri dalam medium. Terdapat 2 cara yang bisa dilakukan, yaitu (1) menumbuhkannya pada medium agar padat atau (2) menumbuhkannya pada medium agar yang dicairkan.



Gambar 4. Cara menumbuhkan bakteri pada medium agar untuk proses isolasi bakteri.

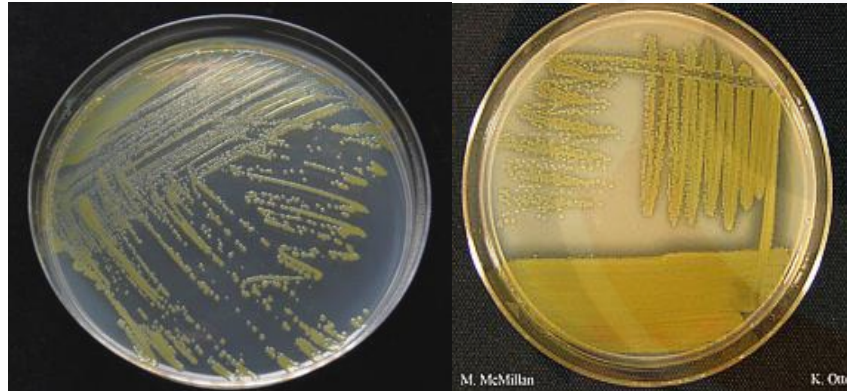
Pada cara (1), bakteri ditanam dengan cara streak atau diusapkan ke permukaan agar, sehingga bakteri dapat tumbuh di permukaan agar. Sedangkan cara yang kedua (2), agar cair ditambahkan dengan bakteri tertentu kemudian baru dituangkan pada cawan Petri. Ketika agar mengeras, maka bakteri dapat tumbuh baik pada permukaan agar maupun di dalam agar itu sendiri.

Cara pengusapan bakteri pada permukaan agar juga tidak boleh sembarangan. Harus menggunakan metode tertentu. Pada Gambar 5. Diperlihatkan metode “streak” (*streak method*) yang digunakan dalam menanam bakteri.



Gambar 5. *Streak method* untuk menghasilkan koloni tunggal.

Pada metode streak, gerakan jarum ose yang digunakan untuk mengusapkan bakteri ke permukaan agar dilakukan sedemikian rupa sehingga pada akhir metode didapatkan koloni tunggal dari bakteri yang akan diisolasi. Poin inilah yang menjadikan metode streak dipilih saat melakukan isolasi bakteri. Mengapa perlu dihasilkan koloni tunggal? Apakah kalian dapat menebaknya? Koloni tunggal perlu dihasilkan karena kita harus mengisolasi satu jenis spesies bakteri untuk proses produksi. Jadi bukan berasal dari beberapa jenis bakteri yang berbeda-beda. Hal ini penting untuk dapat menghasilkan produk yang berkualitas baik. Hasil dari metode *streak* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil metode streak pada agar.

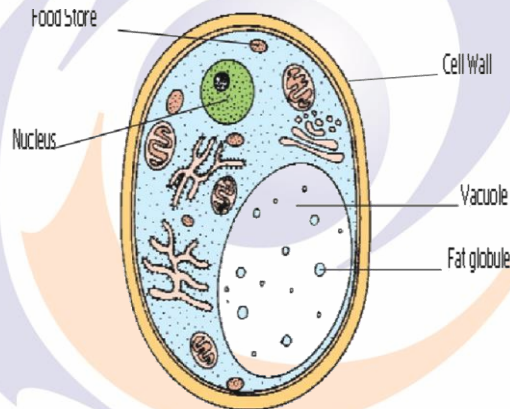
Setelah dilakukan isolasi, langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah karakterisasi dan identifikasi mikroba. Sebagai contoh untuk karakterisasi dan identifikasi mikroba bisa dilakukan dengan cara :

- Melihat morfologi dan struktur sel (apakah dapat membentuk endospora, memiliki flagel dan lain-lain).
- Menentukan sifat gram dengan pewarnaan gram.
- Melihat morfologi koloni pada media padat.
- Mencermati sifat pertumbuhan pada medium cair.
- Mengetahui kebutuhan oksigen (apakah bakteri tersebut memerlukan oksigen atau tidak).
- Mengetahui kebutuhan energi dan nutrisi.
- Mengetahui suhu dan pH optimal untuk pertumbuhan.
- Mencermati kurva pertumbuhan.

Ketika telah berhasil ditumbuhkan pada medium (kultur), maka harus dilakukan pemeliharaan kultur. Berdasarkan tujuannya, kultur dapat disimpan untuk jangka pendek, bisa juga dapat disimpan dalam waktu yang lama. Untuk jangka waktu pendek, kultur mikroba dapat dilakukan dalam medium agar, menggunakan paraffin atau gliserol cair untuk penyimpanan bakteri, air steril dan manik-manik porselin juga bisa digunakan. Untuk penyimpanan jangka panjang metode kriopreservasi (*cryopreservation*) dan liofilisasi (*freeze drying*) merupakan metode yang sangat baik untuk menjaga sel bakteri tetap hidup selama masa penyimpanan jangka panjang.

Selain bakteri, jenis mikroba lain yang penting dan banyak digunakan adalah yeast. Organisme ini merupakan makhluk eukariotik bersel tunggal yang termasuk dalam kelompok fungi. Ternyata dalam *yeast* terdapat beragam spesies hingga 1,5 juta spesies yang ada di dalamnya. *Yeast* ini dapat menjadi sumber produksi antibiotik atau juga menghasilkan suatu zat yang dapat membantu menurunkan kadar kolesterol jahat dalam tubuh. Organisme juga diketahui dapat melakukan modifikasi paska translasi. Kelebihan lain dari yeast adalah dapat ditumbuhkan dalam kondisi anaerobik dan aerobik, artinya dapat ditumbuhkan dalam kondisi kaya akan oksigen, maupun tanpa oksigen.

Struktur sel yeast sama dengan sel eukariotik lainnya, seperti memiliki inti sel dan organel, juga ditambah dengan adanya dinding sel di permukaan tubuhnya.



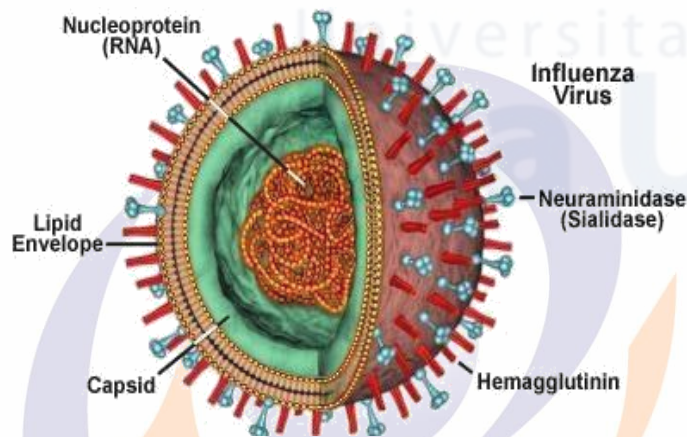
Gambar 7. Struktur sel yeast.



Gambar 8. Yeast yang ditumbuhkan pada media pertumbuhan.

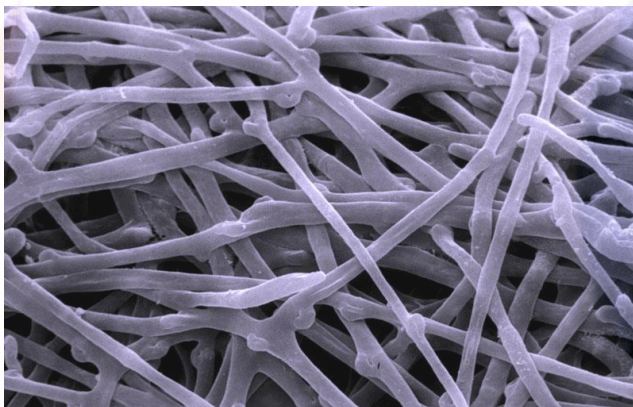
Virus merupakan salah satu agen yang masuk dalam kelompok mikroba. Virus sebenarnya tidak dapat disebut sebagai makhluk hidup karena tidak memiliki

perangkat untuk pertumbuhannya. Virus harus menginfeksi sel hidup sehingga dapat berkembang biak, memperbanyak dirinya. Struktur sel virus hanya berupa protein dan material genetik, yaitu RNA atau DNA. Virus ini cepat bermutasi sehingga dapat menghindarkan diri dari respon kekebalan tubuh dari inangnya dan juga berperan dalam resistensinya terhadap obat antiviral. Meskipun demikian, virus sebenarnya sangat mudah untuk dinaktivasi atau dimatikan dengan suhu tinggi karena virus sangat rentan dengan penggunaan suhu tinggi (sekitar 70°C).

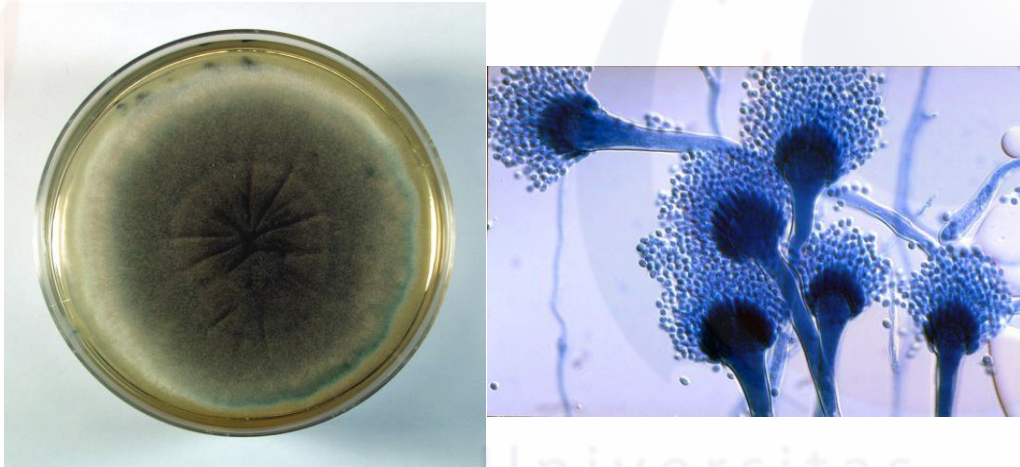


Gambar 9. Struktur virus.

Organisme lain yang menjadi anggota kelompok mikroba adalah jamur (fungi). Jamur merupakan mikroba yang dapat diamati dengan mata telanjang karena merupakan organisme makroskopis. Beberapa jamur memiliki struktur yang disebut hifa dan saling bersaling dan bertumpuk membentuk struktur makroskopik. Untuk perkembangbiakannya, jamur dapat optimal berkembangbiak jika berada di lingkungan yang lembab.



Gambar 10. Struktur hifa.

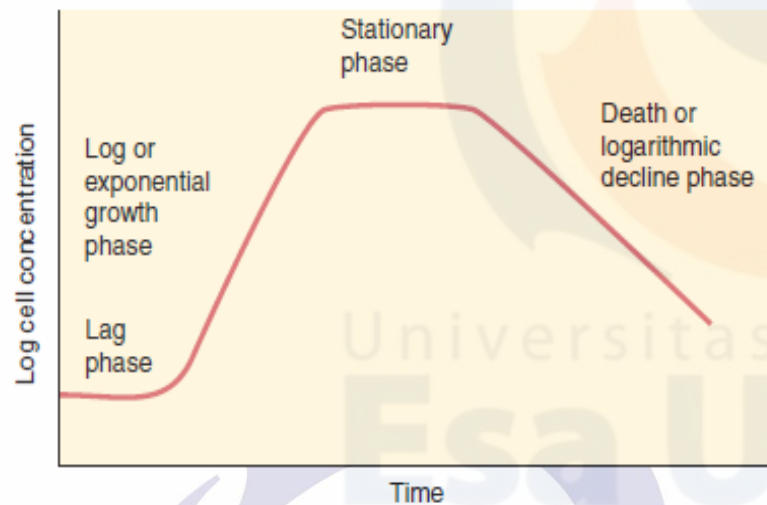


Gambar 11. Kultur jamur pada media (kiri) terlihat struktur jamur dengan hifa. Ketika dilakukan pengamatan dengan mikroskop (kanan) terlihat adanya hifa dan alat perkembangbiakan jamur pada ujung hifa.

Mikroba memiliki beberapa fase dalam perkembangbiakannya. Cara yang paling mudah dalam melihat fase perkembangbiakan mikroba adalah pada bakteri. Terdapat 4 fase yang bisa diamati, yaitu :

1. **Fase lag (*lag phase*)**, pada fase ini bakteri sedang melakukan penyesuaian dengan medium pertumbuhan, belum banyak pembelahan sel yang terjadi. Meskipun demikian, pada fase ini banyak dilakukan sintesis RNA maupun protein yang diperlukan dalam perkembangbiakannya.
2. **Fase log (*log phase*)**, pada fase ini terjadi pembelahan sel yang sangat optimal. Bakteri melakukan banyak perbanyakan diri sehingga seiring dengan perjalanan waktu jumlah bakteri juga semakin banyak. Fase log ini juga dikenal dengan fase eksponensial.
3. **Fase stasioner**, pada fase ini proses perbanyakan bakteri semakin melambat, sehingga jumlah bakteri yang mati dengan yang baru membelah adalah sama. Hal ini bisa terjadi karena nutrisi pertumbuhan yang semakin sedikit dan juga mulai terbentuknya beberapa hasil metabolisme yang dapat menghambat pembelahan sel.
4. **Fase kematian**, pada fase ini kematian sel bakteri terjadi lebih banyak dibandingkan dengan perkembangbiakan sel baru. Hal ini bisa

disebabkan karena semakin terbatasnya nutrisi pertumbuhan atau kondisi lingkungan yang semakin tidak mendukung pertumbuhan bakteri.



Gambar 12. Kurva pertumbuhan bakteri yang terdiri dari fase lag, log, stasioner dan kematian.

Beberapa bidang industri yang menggunakan mikroba dalam produksinya bisa dilihat pada gambar berikut :

Pangan	Kedokteran	Lingkungan
<ul style="list-style-type: none">• Fermentasi anggur• Kecap• Keju• Enzim makanan• Asam amino• Vitamin	<ul style="list-style-type: none">• Vaksin• Hormon• Antibiotik• Terapi gen	<ul style="list-style-type: none">• Bioremediasi• Pengolahan limbah air• <i>Bioremediation</i>, pemisahan timah

Gambar 13. Beberapa industri yang menggunakan mikroba dalam produksinya.

Pada industri makanan, penggunaan mikroba dalam produksinya memiliki banyak keuntungan, yaitu :

- Makanan yang dihasilkan memiliki nilai gizi yang lebih baik
- Menghasilkan produk dengan rasa yang lebih baik
- Menghasilkan produk yang nilai jualnya lebih tinggi
- Makanan yang dihasilkan bisa lebih tahan lama
- Biaya produksinya lebih rendah

Selain itu, penggunaan mikroba dalam industri makanan juga bisa digunakan sebagai indikator keamanan pangan. Pada kegiatan ini, tumbuhnya mikroba tertentu dapat dijadikan acuan bahwa produk pangan yang dihasilkan tidak layak dikonsumsi. Hal yang sama juga digunakan untuk mengecek sanitasi pengolahan pangan. Mikroba dapat digunakan untuk indikator bahwa pengolahan bahan makanan tertentu telah memenuhi standar-standar sanitasi dan keamanan pangan. Mikroba tertentu juga dapat tumbuh pada bahan pangan yang membusuk, sehingga mikroba dapat digunakan sebagai indikator kebusukan pangan.



Gambar 14. Pada bahan pangan yang membusuk banyak mikroba yang tumbuh dalam pada bahan pangan tersebut.

Industri farmasi juga memerlukan mikroba untuk produksinya. Beberapa keuntungan bisa didapatkan dari penggunaan mikroba ini, yaitu :

- Produksi dalam jumlah besar
- Produksi bisa lebih cepat
- Biaya produksi lebih rendah

- Bisa dilakukan dengan rekayasa genetika pada mikroba tersebut

Beberapa mikroba yang digunakan untuk menghasilkan antibiotik, seperti yang diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 2. Beberapa mikroba yang dapat menghasilkan antibiotik.

Antibiotic compound	Producer microorganism	Activity spectrum
Actinomycin D	<i>Streptomyces</i> sp.	Anti-tumour
Asparaginase	<i>Erwinia</i> sp.	Anti-leukaemia
Bacitracin	<i>Bacillus</i> sp.	Anti-bacterial
Bleomycin	<i>Streptomyces</i> sp.	Anti-cancer
Cephalosporin	<i>Acremonium</i> sp.	Anti-bacterial
Chloramphenicol	<i>Cephalosporium</i> sp.	Anti-bacterial
Daunorubicin	<i>Streptomyces</i> sp.	Anti-protozoal
Fumagillin	<i>Aspergillus</i> sp.	Amoebicidal
Griseofulvin	<i>Penicillium</i> sp.	Anti-fungal
Mitomycin C	<i>Streptomyces</i> sp.	Anti-tumour
Natamycin	<i>Streptomyces</i> sp.	Food preservative
Nisin	<i>Streptococcus</i> sp.	Food preservative
Penicillin G	<i>Penicillium</i> sp.	Anti-bacterial
Rifamycin	<i>Nocardia</i> sp.	Anti-tuberculosis
Streptomycin	<i>Streptomyces</i> sp.	Anti-bacterial

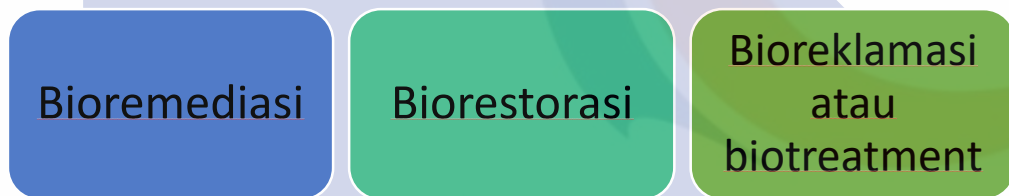
Selain produksi antibiotik, dalam industri farmasi mikroba juga digunakan untuk produksi vaksin. Beberapa jenis vaksin antara lain :

1. Vaksin dari mikroba yang dilemahkan (*live, attenuated vaccine*).
2. Vaksin dari mikroba yang dimatikan (*inactivated vaccine*).
3. Vaksin dari salah satu struktur mikroba (*subunit vaccine*).
4. Vaksin dari toksin mikroba yang diinaktivasi (*toxoid vaccine*).
5. Vaksin dari DNA virus atau bakteri (*DNA vaccine*).
6. Vaksin dengan vektor → vaksin DNA dengan virus/bakteri yang dilemahkan sehingga masuk ke sel (*recombinant vector vaccine*).

Pada sektor lingkungan, mikroba dapat digunakan untuk proses bioremediasi. Contoh bioremediasi ini adalah penggunaan mikroba untuk mengolah limbah minyak baik di daratan maupun laut. Sama dengan sektor industri lain. Penggunaan mikroba untuk bioremediasi juga memiliki beberapa keuntungan, yaitu :

- Biaya pengolahan limbah lebih murah.
- Efek samping pada lingkungan minimal.

- Bioremediasi dapat diikuti dengan aktivitas lain untuk mengembalikan fungsi lingkungan.



Gambar 15. Proses bioremediasi kemudian diikuti dengan beberapa aktivitas lain untuk mengembalikan fungsi lingkungan.



Gambar 16. Proses bioiremrediasi dapat mengembalikan fungsi lingkungan.

Beberapa contoh mikroba yang dapat digunakan untuk proses bioremediasi antara lain beberapa mikroba untuk menguraikan sampah atau limbah, seperti *Pseudomonas sp.* (pendegradasi minyak), *Chadosporium resiniae* (pendegradasi limbah plastik), *Clostridium butyrium* (pendegradasi limbah pabrik gula), dll.

Mikroba juga dapat dimanfaatkan untuk produksi biofuel untuk bahan bakar. Contohnya adalah etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi. Etanol ini banyak dibutuhkan pada beberapa industri. Contoh lain adalah butanol yang juga

dihasilkan dari alga hijau. Contoh-contoh ini memperlihatkan bahwa mikroba sangat dibutuhkan di industri bahan bakar juga.

C. Latihan

- a. Contoh industri farmasi yang menggunakan mikroba adalah...
- b. Bagaimana mikroba bisa menjadi indikator dari higienitas pengolahan bahan pangan?
- c. Sebutkan salah satu keunggulan penggunaan mikroba dalam bioremediasi?

D. Kunci Jawaban

- a. Produksi vaksin.
- b. Karena pengolahan bahan makanan yang tidak baik akan menyebabkannya mudah ditumbuhi dengan mikroba tertentu. Mikroba inilah yang menjadi penanda bahwa pengolahan pangan tidak dilakukan dengan baik.
- c. Efek samping terhadap lingkungan sangat minimal.

E. Daftar Pustaka

1. Hidayat, N., Padaga, M.C. & Suhartini, S. (2006). *Mikrobiologi Industri*. Yogyakarta. Penerbit ANDI.
2. Smith, E.E. (2009). *Biotechnology*. Cambridge. Cambridge University Press.
3. Waites, M.J., Morgan, N.L., Rockey, J.S & Higton, G. (2001). *Industrial Microbiology: An Introduction*. London. Blackwell Science.