



**MODUL BIOINDUSTRI
(IBL 610)**

**MODUL SESI KE-4
FERMENTASI DALAM INDUSTRI**

**DISUSUN OLEH
Dr. Henny Saraswati, S.Si, M.Biomed**

Universitas
Esa Unggul

**UNIVERSITAS ESA UNGGUL
2020**



**MODUL BIOINDUSTRI
(IBL 610)**

**MODUL SESI KE-4
FERMENTASI DALAM INDUSTRI**

DISUSUN OLEH

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

Universitas
Esa Unggul

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2020

FERMENTASI DALAM INDUSTRI

A. Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan mahasiswa mampu :

1. Menjelaskan proses fermentasi.
2. Menjelaskan beberapa aplikasi proses fermentasi dalam industri.
3. Menjelaskan jenis mikroba dalam fermentasi.
4. Menjelaskan jenis medium untuk fermentasi.
5. Menjelaskan kondisi lingkungan fermentasi.
6. Menjelaskan konsep pilot plant.
7. Menjelaskan penggunaan fermentor.

B. Uraian dan Contoh

1. Fermentasi dalam Industri.

Pada pertemuan kali ini kita akan membahas mengenai metode yang digunakan dalam industri. Secara umum kita mengetahui bahwa proses fermentasi adalah suatu proses respirasi sel tanpa menggunakan oksigen. Beberapa produk makanan dihasilkan dari proses fermentasi ini. Lalu bagaimana fermentasi ini di dalam suatu industri? Mari kita pelajari bersama.

Beberapa mikroba ternyata dapat melakukan fermentasi dalam kehidupannya. Jika terdapat medium dan kondisi yang sesuai, maka mikroorganisme ini dapat melakukan fermentasi. Pada bidang industri, proses ini dimanfaatkan untuk menghasilkan produk yang menguntungkan secara ekonomi. Pada awal perkembangan mikrobiologi industri pun dimulai dengan pemanfaatan mikroba dengan proses fermentasinya untuk menghasilkan produk makanan. Sampai sekarang industri makanan dan minuman dengan proses fermentasi dari mikroba masih banyak dilakukan. Hal ini tidak terlepas dari beberapa keuntungan menggunakan mikroba dalam menghasilkan suatu produk. Selain makanan dan minuman, proses fermentasi juga dapat digunakan untuk produksi beberapa bahan kimia seperti etanol, asam sitrat dan lain, produksi enzim dan bahkan untuk mendegradasi limbah.



Gambar 1. Asam sitrat dan etanol merupakan produk yang bisa dihasilkan dari proses fermentasi mikroba

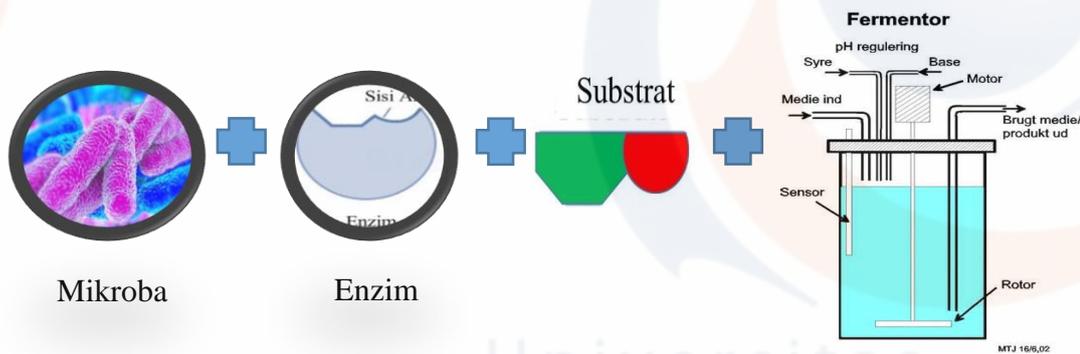
Terdapat istilah fermentasi dan teknologi fermentasi. Sepintas terlihat sama saja, tetapi apa sebenarnya definisi dari kedua istilah ini? **Fermentasi** adalah proses deasimilasi anaerobik/aerobik senyawa-senyawa organik yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme atau ekstrak dari sel-sel tersebut. Sedangkan **teknologi fermentasi** adalah upaya manusia untuk mencapai kondisi optimal agar proses fermentasi dapat memperoleh hasil yang maksimal serta sesuai dengan target yang direncanakan secara kualitatif ataupun kuantitatif.

Industri fermentasi sendiri merupakan suatu industri yang menggunakan fermentasi sebagai metode yang digunakan untuk menghasilkan produk yang berguna bagi manusia. Dalam metodenya industri fermentasi ini memanfaatkan mikroba untuk melakukan fermentasi.



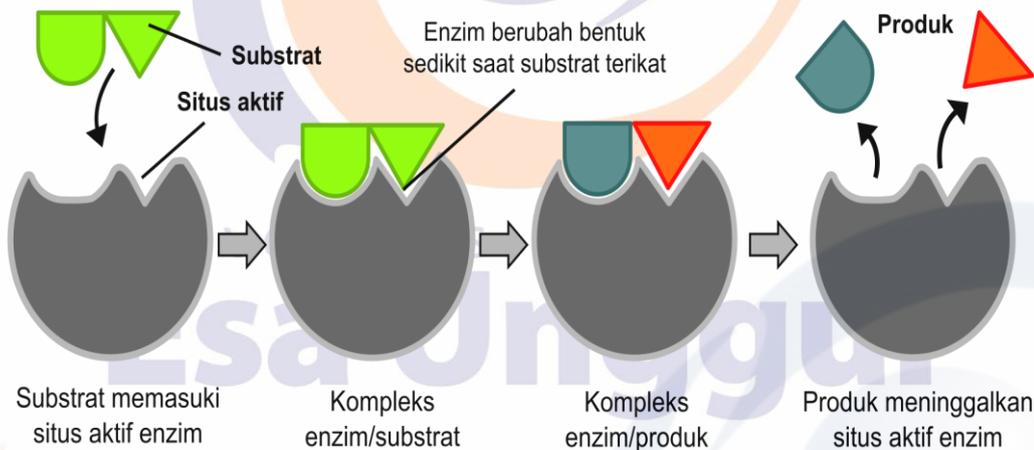
Gambar 2. Industri fermentasi memanfaatkan mikroba dalam prosesnya.

Pada proses fermentasi, bahan baku utama yang digunakan adalah : mikroorganisme, enzim, medium/substrat dan fermentor/bioreaktor.



Gambar 3. Bahan baku untuk proses fermentasi, terdiri dari mikroba, enzim, substrat dan fermentor.

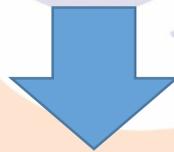
Setiap proses fermentasi memerlukan enzim. Masih ingatkah anda apa itu enzim? Enzim adalah suatu protein yang dapat mengubah substrat menjadi produk. Enzim ini memiliki situs aktif yang berikatan dengan substrat dan kemudian mengubahnya menjadi produk (Gambar 4).



Gambar 4. Cara kerja enzim dalam mengubah substrat menjadi produk.

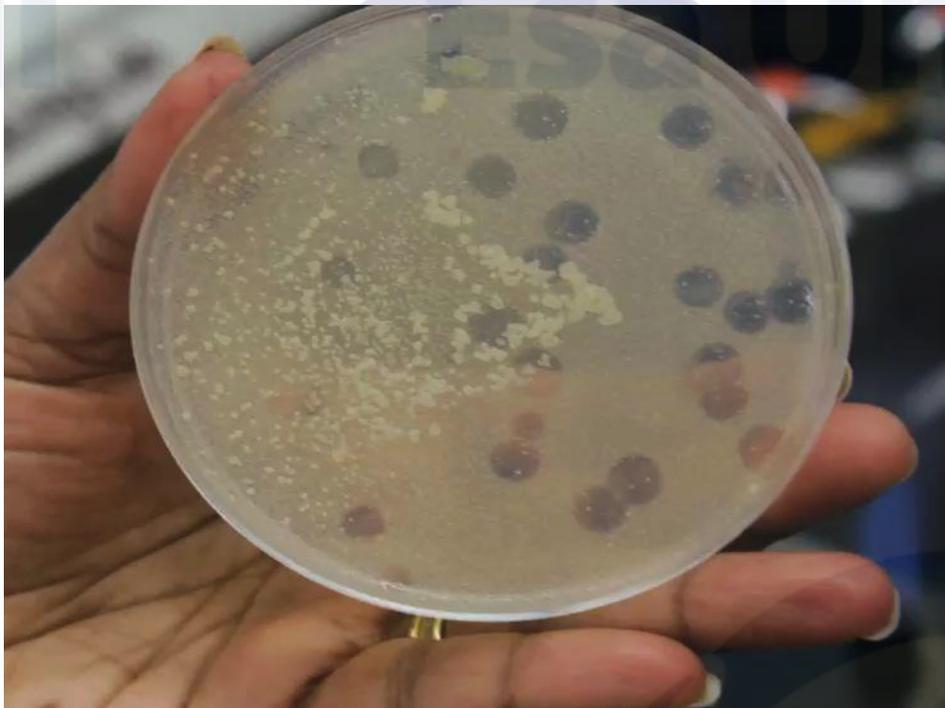
Terdapat beberapa kelebihan proses fermentasi untuk menghasilkan produk. **Pertama** adalah proses ini bisa menghasilkan produk yang akan sulit diproduksi secara kimiawi. **Kedua**, pada proses fermentasi dalam lingkungan terkontrol, maka prosesnya juga akan lebih terkontrol seperti suhu udaranya, tekanan atmosferiknya maupun pH lingkungan. Hal ini akan membuat mutu produk

juga dijaga optimal. **Ketiga**, reaksinya lebih efektif dibandingkan dengan reaksi kimia, karena waktu yang diperlukan lebih sedikit. **Keempat**, bahan baku yang digunakan dapat diperbaharui sehingga lebih ramah lingkungan. **Kelima**, dengan proses yang efektif dan murah, dapat dihasilkan produk dengan nilai ekonomis yang tinggi, seperti contohnya pada produk pangan bisa dihasilkan produk yang memiliki aroma, tekstur, daya cerna dan daya simpan yang lebih baik.



Gambar 5. Susu dapat difermentasikan sehingga menghasilkan produk dengan tekstur yang mudah dicerna, dengan aroma bermacam-macam dan lebih bernilai ekonomis tinggi.

Terdapat juga beberapa kelemahan dari proses fermentasi. **Pertama** adalah produk yang dihasilkan masih berupa campuran, seperti mikroba, sisa medium dan hasil samping produk. Hal ini dapat membuat proses produksi lebih sulit. **Kedua**, cairan hasil fermentasi lebih encer sehingga menghasilkan produk yang sedikit. Hal ini membuat proses pada bagian hilir lebih mahal. **Ketiga**, adanya risiko terjadinya kontaminasi pada proses fermentasi. Hal ini akan menyebabkan produk yang dihasilkan tidak baik dan tidak dapat dijual. **Keempat**, adanya potensi hasil produk yang beragam. Hal ini terjadi karena sifat mikroba yang bermutasi agar dapat beradaptasi terhadap perubahan lingkungan, Kejadian ini dapat menyebabkan produksi menurun.

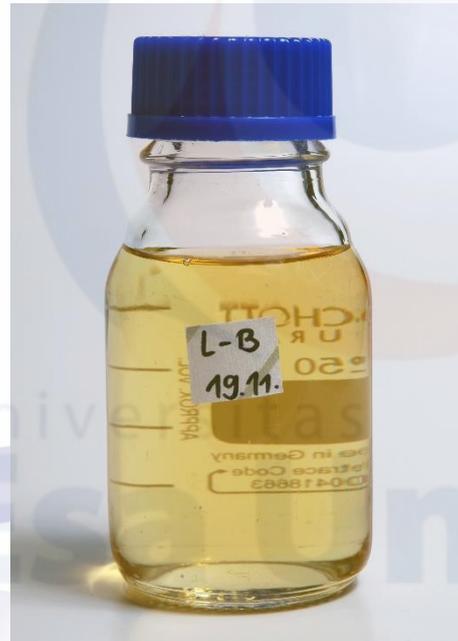
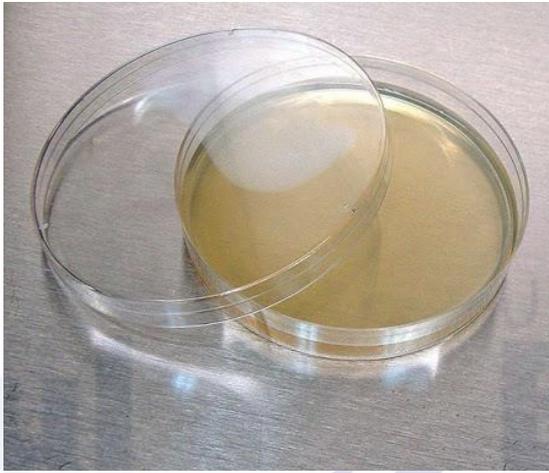


Gambar 6. Kontaminasi pada medium pertumbuhan mikroba dapat menghambat pembentukan produk fermentasi dan mengurangi kualitasnya.

2. Medium Fermentasi.

Medium untuk fermentasi dibuat untuk dapat menyediakan nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroba. Nutrisi ini penting untuk energi, pembelahan sel dan biosintesis produk-produk metabolisme. Jenis medium ada 2, yaitu :

- a. Medium padat.
- b. Medium cair.



Gambar 7. Dua jenis medium yang dapat digunakan untuk menumbuhkan mikroba, yaitu medium padat (kiri) dan medium cair (kanan).

Untuk proses fermentasi, kultur mikroba dapat dilakukan dengan 3 metode, yaitu

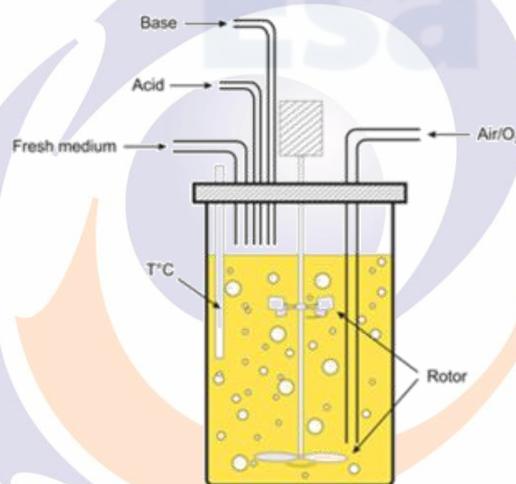
1. Kultur permukaan/*surface fermentation*
2. Kultur terendam/*submerged fermentation*
3. Kultur padat/*solid-state fermentation*.

Kultur permukaan/*surface fermentation* dilakukan dengan menanam mikroba pada medium cair atau medium padat yang ditempatkan pada rak aluminium. Kemudian rak ini ditempatkan di ruang fermentasi dengan pengontrolan aliran udara di dalamnya. Metode kultur ini saat ini sangat jarang digunakan di industri dikarenakan tingginya biaya untuk membangun instalasi kultur permukaan, mahalnya biaya personil untuk melakukan kultur ini dan waktu fermentasi yang lama sehingga menyebabkan produktivitasnya rendah.

Kultur terendam/*submerged fermentation* (SmF) merupakan metode fermentasi yang paling sering digunakan pada industri. Pada metode ini kultur mikroba dilakukan pada medium cair yang diletakkan di fermentor. Kelebihan kultur terendam adalah proses fermentasi yang dapat dikontrol dan cepat, tidak

memerlukan banyak ruangan, pemurnian produk mudah, biaya pekerja murah dan mudah dijaga dalam kondisi steril. Terdapat 3 jenis kultur terendam ini, yaitu :

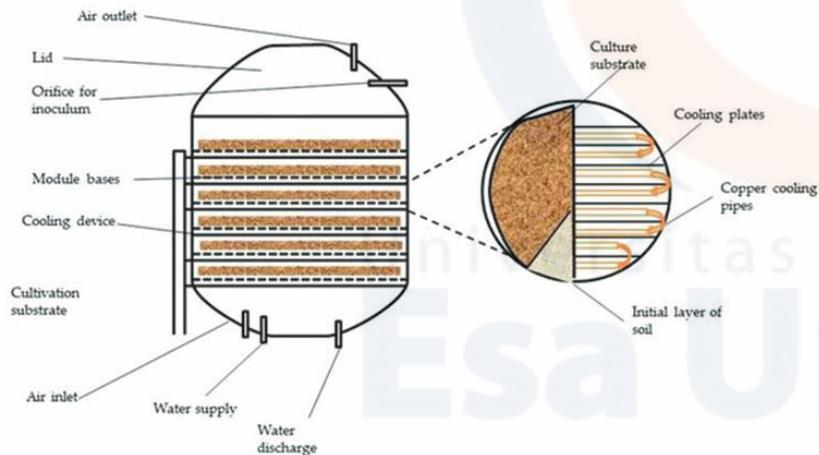
- a. *Batch fermentation* : Bioreaktor steril diisi dengan media segar steril lalu diinokulasi dengan inokulum (merupakan sistem tertutup).
- b. *Fed-batch fermentation* : pada metode ini, medium steril yang berisi nutrisi akan dimasukkan ke dalam fermentor sesekali seiring dengan pertumbuhan sel, sehingga terjaga tidak sampai pada fase kematian.
- c. *Continuous fermentation* : pada metode ini medium steril ditambahkan secara terus menerus secara perlahan-lahan dalam fermentor bersamaan dengan dikeluarkannya medium sisa setelah proses fermentasi.



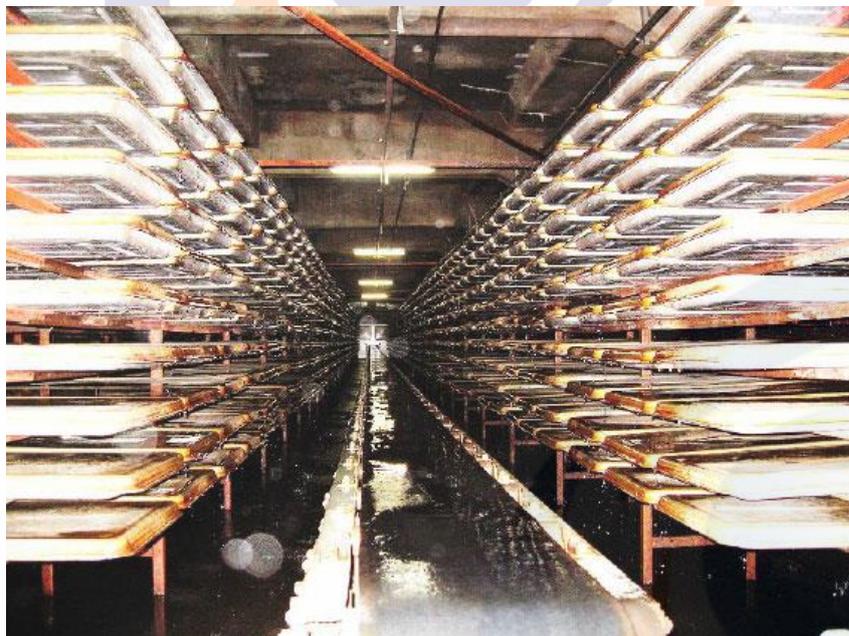
Gambar 8. Fermentasi dengan metode kultur terendam (submerged fermentation) dilakukan dengan menanam mikroba pada medium cair dengan pasokan oksigen dalam fermentor. (sumber: www.biosciencenotes.com).

Kultur padat/solid-state fermentation (SSF) dilakukan dengan cara melakukan penanaman mikroba pada medium padat. Secara tradisional, metode ini dilakukan untuk menghasilkan makanan yang bergizi bagi masyarakat seperti temped an oncom. Secara industri, metode ini dilakukan pada tempat tertentu. Beberapa substrat yang bisa digunakan dalam kultur padat ini antara lain dedak, teh, ampas tebu, serbuk gergaji dan limbah kelapa. Selain makanan, metode fermentasi ini juga dapat digunakan untuk menghasilkan enzim, asam-asam organik, bahan penyedap rasa, untuk bioproses seperti bioremediasi dan bioleaching, serta menjadi metode yang potensial dalam industri obat-obatan, kimia

maupun bahan bakar. Kelebihan dari metode kultur padat ini adalah tidak banyak menghasilkan limbah sehingga lebih aman bagi lingkungan, produksinya tinggi, murah dalam peralatan dan pengoperasiannya dan medium/substrat yang digunakan juga sederhana.



Gambar 9. Skema kultur padat yang bisa digunakan di industri. (sumber: www.microbenotes.com)



Gambar 10. Aplikasi kultur padat untuk menghasilkan enzim makanan pada suatu industri (sumber: www.takabio.com)

Komponen yang terdapat pada medium antara lain adalah air, sumber karbon, sumber nitrogen, sumber mineral lain, vitamin C, buffer dan anti buih.

Komponen air yang ditambahkan dalam medium akan mengalami proses deionisasi terlebih dahulu dan dilakukan proses pengaturan pH. Sedangkan sumber karbon untuk nutrisi mikroba bisa didapatkan dari bahan-bahan organik seperti molase sereal dan kentang.



Gambar 11. Beberapa sumber karbon yang dapat ditambahkan dalam medium fermentasi.

Sedangkan sumber nitrogen bisa didapatkan dari senyawa anorganik seperti garam ammonia dan nitrat, dan dari garam organik seperti asam amino, urea dan protein. Sumber mineral bisa berupa magnesium, fosfat, kalium, sulfur, kalsium dan klorin.

Komponen-komponen dalam medium haruslah dapat menyokong kebutuhan elemen dasar untuk membentuk biomassa (massa mikroba yang terbentuk karena proses pertumbuhan sel) dan menghasilkan produk yang dapat dimanfaatkan. Formulasi medium merupakan suatu langkah untuk mengukur komposisi bagian-bagian medium seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Formulasi ini penting untuk perencanaan penelitian di laboratorium, perancangan skala pilot plan dan skala industri. Tabel berikut menunjukkan elemen dasar bakteri, khamir dan kapang dibandingkan berat keringnya (%/berat kering).

Tabel 1. Komposisi elemen bakteri, khamir dan kapang (%/berat kering)

	Bakteri	Khamir	Kapang
Karbon	50-53	45-50	40-63
Hidrogen	7	7	-
Nitrogen	12-15	7-11	7-10
Phosfor	2.0-3.0	0.8-2.6	0.4-4.5
Sulphur	0.2-1.0	0.01-0.24	0.1-0.5
Kalium	1.0-4.5	1.0-4.0	0.2-2.5
Natrium	0.5-1.0	0.01-0.1	0.02-0.5
Calcium	0.01-1.1	0.1-0.3	0.1-1.4
Magnesium	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5
Chlorida	0.5	-	-
Besi	0.02-0.2	0.01-0.5	0.1-0.2

Selain formulasi, hal yang perlu disiapkan adalah sterilisasi medium. Mengapa harus dilakukan sterilisasi medium? Hal ini diperlukan karena mungkin saja pada medium terdapat sel vegetatif dan spora dari mikroba. Jika tidak disterilisasi, maka sel vegetatif dan spora dapat menjadi kontaminan atau menyebabkan kontaminasi pada kultur mikroba. Sterilisasi medium juga diperlukan karena ada kemungkinan air yang digunakan dalam pembuatan mikroba merupakan air yang tidak steril. Hal ini dapat menjadi sumber kontaminasi juga. Medium yang tidak tersterilisasi dapat juga menghambat produksi, menghasilkan produk dengan kualitas dan volume yang kecil dan juga dapat mengubah produk. Hal-hal ini dapat menurunkan nilai ekonomis suatu produk dan akhirnya pendapatan dalam industri semakin kecil.

Secara umum, metode sterilisasi ada bermacam-macam, (a) secara fisik dengan menggunakan uap panas atau panas, dan filtrasi, serta (b) secara kimia, menggunakan bahan-bahan kimia yang dapat membunuh mikroba. Pemilihan jenis sterilisasi dilakukan berdasarkan aplikasinya di lapangan. Untuk proses fermentasi,

metode yang digunakan adalah dengan menggunakan uap panas. Penggunaan metode ini harus memperhatikan komponen medium yang akan disterilisasi, karena ada beberapa komponen yang tidak tahan terhadap suhu tinggi. Contohnya adalah gula. Bahan ini tidak tahan dengan suhu tinggi. Jika dipanaskan maka akan terbentuk karamelisasi. Tentu saja hal ini akan menurunkan kualitas dari medium fermentasi. Oleh karena itu sterilisasi medium dengan komponen gula dapat menggunakan filter atau filtrasi. Tetapi penggunaan filter ini harus mempertimbangkan besar mikroba yang akan difilter dan juga retensi atau kemampuan filter dalam menyaring mikroba.

Setelah melakukan sterilisasi, maka proses fermentasi dapat dilakukan. Proses ini diawali dengan penanaman inokulum mikroba ke dalam medium. Setelah terjadi proses fermentasi, maka produk akhirnya berupa cairan yang encer dan mengandung mikroorganisme, bagian-bagian sel dari mikroorganisme yang mati, sisa medium dan produk metabolik lain. Sehingga produk ini harus dimurnikan untuk dapat dipasarkan kepada konsumen. Tahapan pemurnian produk diawali dengan proses :

1. Filtrasi, untuk memisahkan produk dengan komponen lain yang tidak diperlukan,
2. Ekstraksi/fraksinasi, untuk memisahkan komponen-komponen produk.
3. Pemurnian lebih lanjut dengan pengendapan fraksinasi menggunakan teknik kromatografi.

3. Mikroba dalam Industri Fermentasi.

Tidak semua mikroorganisme/mikroba dapat digunakan dalam proses fermentasi, terutama di bidang industri. Mikroba-mikroba ini harus memenuhi beberapa syarat untuk dapat digunakan dalam proses industri. Beberapa syarat tersebut antara lain :

- a. Merupakan strain yang unggul, artinya dapat menghasilkan produk yang berkualitas bagus.
- b. Stabil secara genetik, tidak mudah mengalami mutasi yang besar.
- c. Dapat memproduksi sel-sel vegetatif, spora dan beberapa unit reproduksi lain.

- d. Dapat tumbuh dengan cepat dan tidak mudah mati saat diinokulasi ke medium.
- e. Dapat menghasilkan produk yang diinginkan dalam waktu yang singkat.
- f. Tidak menghasilkan produk sampingan yang beracun.
- g. Mampu melindungi diri dari kontaminasi.
- h. Mampu disimpan dalam waktu lama.
- i. Tahan terhadap bahan-bahan mutagenik.

Sumber mikroorganisme untuk proses fermentasi bisa didapatkan dari **alam**, misalnya dari tanaman, air, tanah dan lain-lain, bisa juga merupakan **koleksi kultur**. Koleksi kultur merupakan kultur mikroba yang siap ditanam dan umumnya dimiliki oleh lembaga penelitian, maupun industri swasta dan dihasilkan dari isolasi yang dilakukan secara terus menerus.

Jenis-jenis mikroorganisme yang sering digunakan dalam proses fermentasi sangat beragam. Pada kelompok jamur/kapang spesies yang sering digunakan adalah *Amylomyces*, *Aspergillus*, *Monascus*, *Neurospora*, *Rhizopus* dan *Mucor*. Sedangkan pada kelompok bakteri spesies yang digunakan antara lain *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* dan *Acetobacter*. Untuk golongan khamir, spesies yang biasa digunakan adalah *Saccharomyces*, *Candida*, *Endomycopsis* dan *Torulopsis*.

4. Fermentor

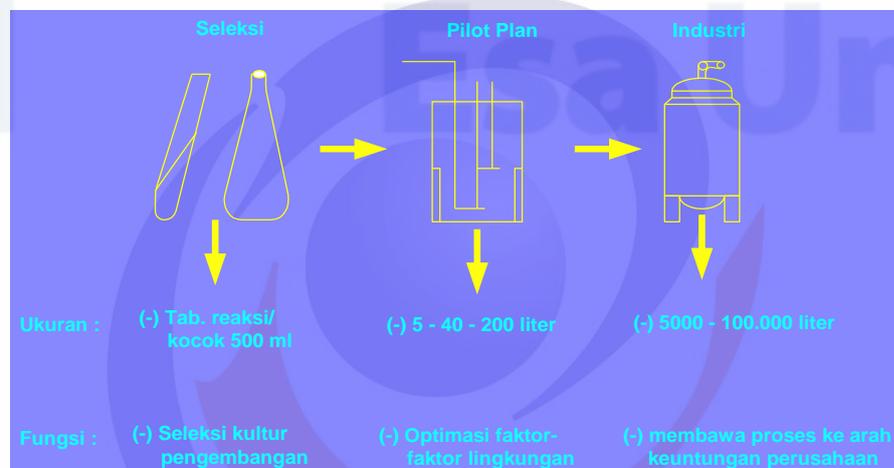
Alat fermentor berfungsi untuk menghasilkan lingkungan yang tetap untuk pertumbuhan mikroba dan proses metabolisme sehingga dapat menghasilkan produk yang diinginkan. Umumnya fermentor ini merupakan lingkungan yang tertutup sehingga dapat menghindarkan kontaminasi dari lingkungan ke medium kultur mikroba, atau sebaliknya dari medium kultur ke lingkungan.

Terdapat beberapa syarat fermentor untuk dapat digunakan dalam industri fermentasi, yaitu : **(1) bersifat tidak beracun, (2) mampu menahan tekanan uap dan (3) tahan terhadap korosi kimia dan elektrolit**. Kapasitas fermentor pun juga bermacam-macam, yaitu skala laboratorium (kapasitas 1 - 2 liter), skala *pilot plan* (100 - 1000 liter) dan skala industri (> 1000 liter).

Berdasarkan volume fermentasinya, maka proses ini perlu penggandaan. Skala penggandaan fermentasi berarti peralihan proses dari produksi dengan skala laboratorium ke skala industri. Sesuai dengan definisinya, maka skala penggandaan fermentasi memiliki tahapan :

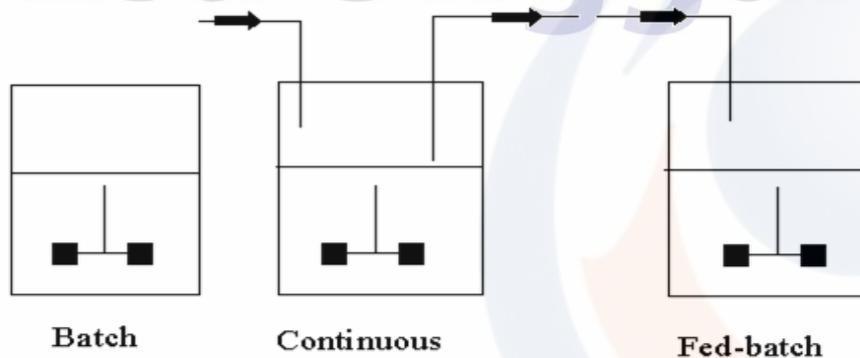
1. Fermentasi skala laboratorium,
2. Fermentasi skala *pilot plan*,
3. Fermentasi skala industri.

Perlu diperhatikan di sini bahwa skala *pilot plant* yang baik bukan merupakan peningkatan prose laboratorium, tetapi merupakan pabrik yang diperkecil.



Gambar 12. Tahapan penggandaan skala fermentasi.

Macam-macam fermentor untuk kultur terendam adalah batch (curah), continuous (sinambung) dan fed-batch (semi sinambung). Hal ini telah dijelaskan pada macam-macam kultur di beberapa halaman sebelumnya.



Gambar 13. Skema macam-macam fermentor



Gambar 14. Contoh reaktor pada skala *pilot plan*.

C. Latihan

- a. Ada berapa macam medium yang bisa digunakan dalam proses fermentasi?
- b. Ada berapa cara kultur mikroba untuk proses fermentasi?
- c. Sebutkan beberapa syarat mikroba untuk dapat digunakan dalam industri fermentasi.

D. Kunci Jawaban

- a. Ada 2 macam, yaitu medium cair dan medium padat.
- b. Ada 3, kultur permukaan, terendam dan padat/*solid-state*.
- c. Merupakan strain unggul, secara genetik stabil, tidak menghasilkan produk beracun, tahan disimpan dalam waktu yang lama dan tahan terhadap bahan mutagenik.

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.
4. Sumber-sumber dari internet.



Universitas
Esa Unggul