



[www.esaunggul.ac.id](http://www.esaunggul.ac.id)

# MIKROBIOLOGI INDUSTRI

## IBL 362

*By Seprianto S.Pi, M.Si*



## Pertemuan 4

# Tujuan Perkuliahan

- Menjelaskan proses fermentasi
- Menjelaskan beberapa aplikasi proses fermentasi dalam industri.
- Menjelaskan jenis mikroba dalam fermentasi
- Menjelaskan jenis medium untuk fermentasi
- Menjelaskan kondisi lingkungan fermentasi
- Menjelaskan konsep pilot plant
- Menjelaskan penggunaan fermentor



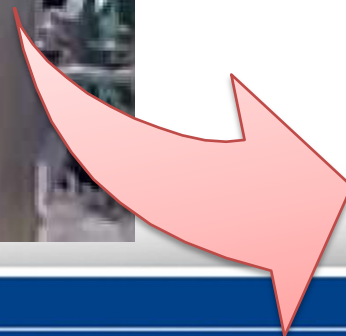
**MIKROBA**



**FERMENTASI**

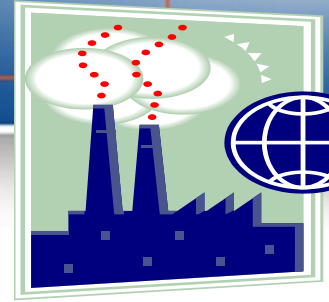


**PRODUK**




**Industri**





# Teknologi Fermentasi

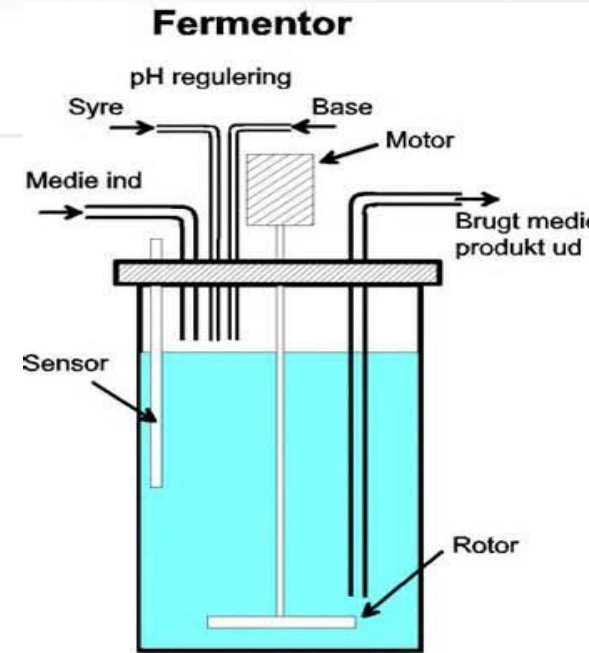
- Fermentasi → Proses deasimilasi anaerobik/aerobik senyawa-senyawa organik yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme atau ekstrak dari sel-sel tersebut. Contoh : pembentukan alkohol, as. Laktat dan antibiotik
- Teknologi fermentasi → upaya manusia untuk mencapai kondisi optimal agar proses fermentasi dapat memperoleh hasil yang maksimal serta sesuai dengan target yang direncanakan secara kualitatif ataupun kuantitatif.



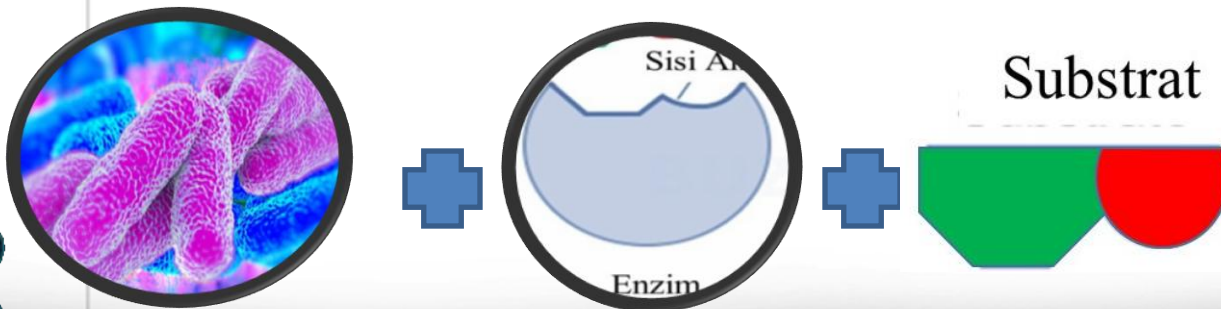
**Industri Fermentasi** → pemanfaatan aktifitas mikroba untuk menghasilkan berbagai produk/jasa yang berguna bagi kemaslahatan manusia

# Teknologi Fermentasi

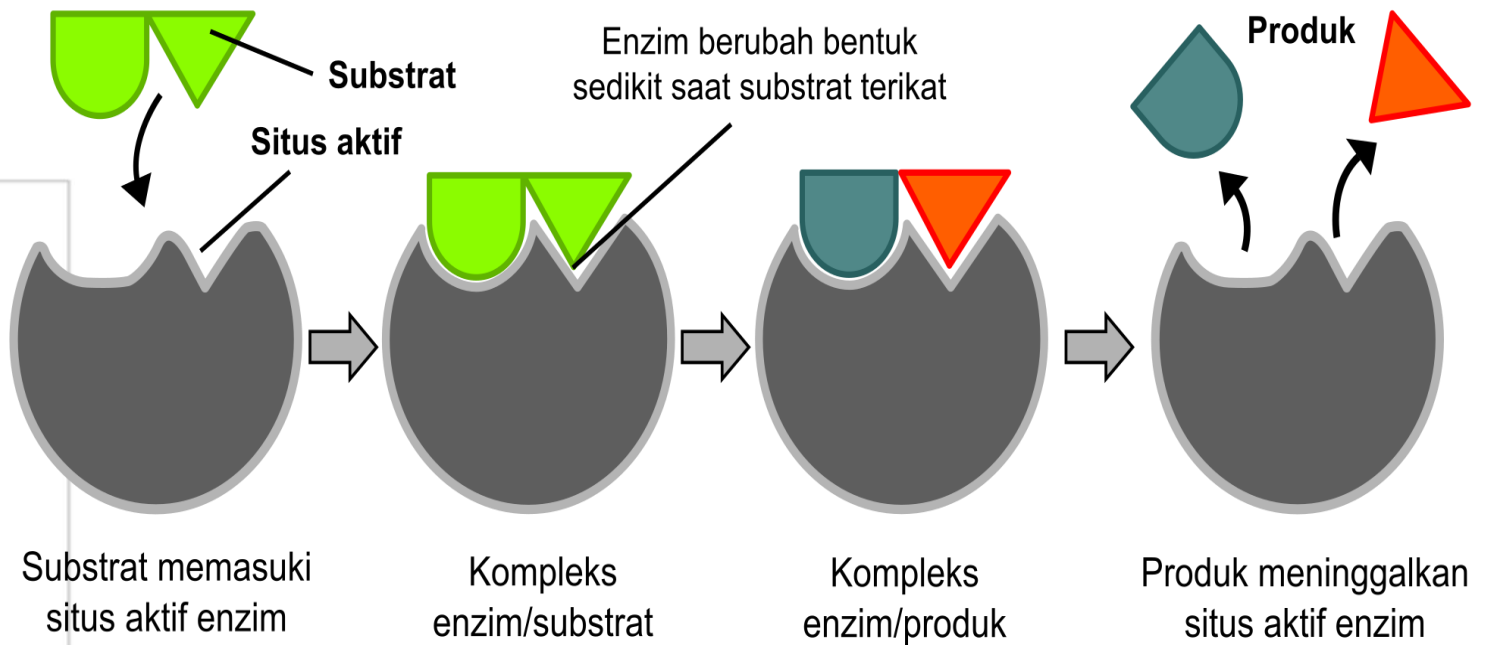
- Bahan utama fermentasi :
  - Mikroorganisme
  - Enzim
  - Medium/subtrat
  - Fermentor/bioreaktor



MTJ 16/6,02



# Proses Kerja Enzim

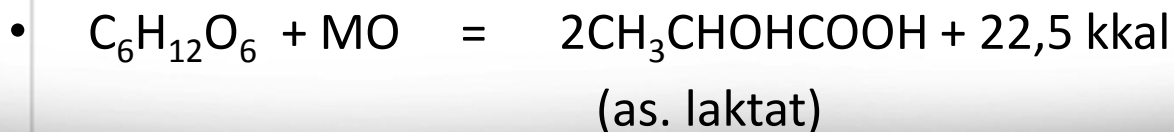




## ☑ Istilah – istilah dalam proses fermentasi :

1. Pertumbuhan → penambahan secara mikroindividu atau seluruh kelompok mikroorganisme yang hidup bersama sebagai satu koloni/biakan
2. Asimilasi → aktivitas transformasi sebagai komponen dari substrat ke dalam sel yang berfungsi memberikan bahan-bahan yang diperlukan bagi pertumbuhan dan aktivitas hidup
3. Biosintesa → pembentukan senyawa kompleks di dalam sel dalam jumlah yang lebih besar dari kebutuhan pemeliharaan aktivitas hidup normal. Contoh : vitamin, enzim dll
4. Deasimilasi → proses katabolisme di dalam sel dan hasilnya dilepaskan ke media lingkungan. Contoh : karbohidrat, as. Amino

### ☑ Reaksi Fermentasi :





## Kelebihan Proses Fermentasi :

- Membuat produk yang tidak dapat, sulit atau tidak ekonomis diperoleh melalui proses kimia (enzim → reaksi spesifik)
  - Kondisi proses lebih “terkontrol” (suhu ruang, tekanan atmosfer, pH netral)
  - Efektif → biasanya laju reaksi enzimatik > reaksi kimia
  - Bahan baku dapat diperbarui → produk bersifat lebih ramah terhadap lingkungan
  - Dapat mengubah bahan yang murah menjadi produk yang bernilai ekonomi tinggi
- Contoh : **pangan** → aroma, tekstur, daya cerna & daya tahan simpan lebih baik

## Kelemahan Proses Fermentasi :

- Campuran produk kompleks (camp. sel mikroba, produk, hasil samping, sisa media) → proses hilir sulit
- Cairan fermentasi bersifat encer & produk sedikit → proses hilir mahal
- Resiko kontaminasi selama fermentasi
- Hasil beragam → sel mikroba cenderung melakukan mutasi thd perubahan lingkungan, sehingga kehilangan kemampuan memproduksi dapat hilang/menurun

## Medium fermentasi :

- ☑ Fungsi Medium Fermentasi → menyediakan semua nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memperoleh energi, pembentukan sel dan biosintesis produk-produk metabolisme.
  
- ☑ Sifat Fisik Medium :
  - ★ Medium padat
  - ★ Medium Cair



## Proses fermentasi dilakukan melalui :

- ★ Kultur Permukaan → medium padat, semi padat dan cair
- ★ Kultur terendam → medium cair





## ☑ **Komponen Medium**

1. Air (deionisasi, penambahan garam, pengaturan pH)
2. Karbon (molase, sereal, kentang)
3. Nitrogen (senyawa anorganik : Garam amonia & nitrat)  
(senyawa organik : as. Amino, urea, protein)
4. Mineral (magnesium, phosphat, kalium sulfur, Calcium, Chlorin)
5. Vitamin (Vit. C)
6. Buffer
7. Anti buih

## ☑ Formulasi medium

- ➔ Formulasi medium penting untuk :
  - ★ Perencanaan penelitian laboratorium
  - ★ Pengembangan skala pilot plan
  - ★ Proses industri fermentasi
  
- ➔ Komponen medium haruslah memenuhi kebutuhan elemen dasar untuk pembentukan biomassa dan produk fermentasi serta dapat menyediakan energi yang cukup untuk biosintesis & pemeliharaan sel.

## ☑ Formulasi medium

Tabel : Komposisi elemen bakteri, khamir & kapang (%/berat kering)

Elemen	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

## ☑ Sterilisasi medium

### ★ *Sterilisasi medium perlu karena :*

1. Medium mungkin mengandung sel vegetatif dan spora dari komponen medium
2. Air yang digunakan tidak bersih

### ★ *Faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan sterilisasi :*

1. Jumlah dan jenis mikroorganisme dalam medium
2. Morfologi mikroorganisme
3. Komposisi medium fermentasi
4. pH
5. Ukuran partikel tersuspensi



## ☑ Sterilisasi medium

### *Metode sterilisasi medium*

#### 1. Sterilisasi sistem “Batch”

- a. Injeksi uap panas ke dalam mantel fermentor atau coil yang terdapat di bagian dalam fermentor
- b. Injeksi uap panas langsung ke dalam larutan amedium

#### 2. Sterilisasi sistem kontinyu :

- a. “Continuous injector flash cooler”
- b. “Continuous plate heat exchange”

#### ☞ *Sistem kontinyu :*

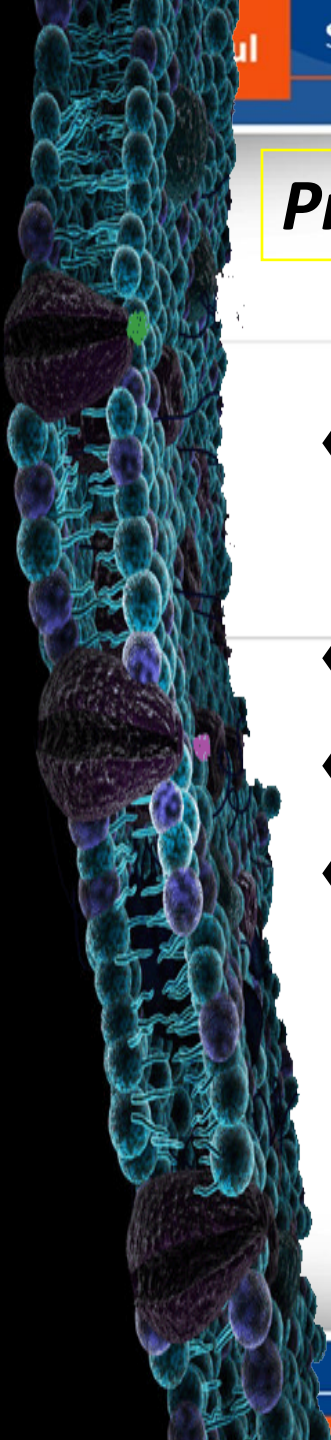
- Penggunaan energi lebih tinggi
- Kerusakan medium dapat dihindari
- Suhu yang digunakan 140°C, waktu 30-120 t

## ☑ 4 Tahap Fermentasi

1. Media fermentasi
2. Penyiapan starter/kultur :
  - a. Regenerasi starter/kultur dari agar miring :  
Kultur segar → tercapai pertumbuhan optimum
  - b. Kultur/starter pada media cair :  
→ Tujuan ⇔ untuk mengadakan adaptasi kultur/starter dengan medium yang digunakan  
→ Jumlah inokulum 10% dari volume fermentasi
3. Sterilisasi :  
**Tujuan** ⇔ mematikan mikroorganisme pencemar atau yang tidak dikehendaki sehingga proses fermentasi berjalan sempurna.
4. Pemanenan/pemurnian hasil

***Produk fermentasi dapat berupa :***

- ◆ Larutan encer (konsentrasi ) yg mengandung mikroorganisme
- ◆ Bagian sel
- ◆ Komponen medium larut dan tidak larut
- ◆ Metabolik lainnya



## *Tahapan pengumpulan akhir (produk)*

1. Sentrifusi/filtrasi
2. Fraksinasi/ekstraksi
3. Pemurnian produk dengan pengendapan fraksinasi menggunakan teknik kromatografi.



# MIKROORGANISME DAN KULTUR FERMENTASI

## 1. Kriteria Mikroorganisme Industri Fermentasi

☑ Ciri-Ciri Strain Mikroorganisme Unggul :

1. Strain unggul
2. Secara genetik, strain stabil
3. Strain dapat memproduksi sel vegetatif, spora atau unit-unit reproduksi lainnya
4. Strain mampu tumbuh dg cepat dan kuat saat diinokulasi
5. Strain dapat menghasilkan produk yg diinginkan dalam jangka waktu yg pendek dan tidak menghasilkan produk lain yg beracun
6. Strain mampu melindungi diri dari kontaminasi
7. Strain mampu disimpan dalam jangka waktu lama
8. Strain dapat menerima perubahan oleh bahan-bahan mutagenik lainnya.

# MIKROORGANISME DAN KULTUR FERMENTASI

## 2. Sumber Mikroorganisme Industri Fermentasi

1. Diisolasi dari alam (tanah, air, tanaman, dll)
2. Koleksi kultur →
  - ★ Kultur siap dipakai
  - ★ Dikelola oleh badan penelitian fermentasi/swasta
  - ★ Hasilnya merupakan hasil isolasi secara terus-menerus

# Jenis mo yg dominan dlm fermentasi :

- Jamur/Kapang: *Amylomyces, Aspergillus, Monascus, Neurospora, Rhizopus, Mucor*
- Bakteri : gol BAL meliputi *Pediococcus, Leuconostoc, Lactobacillus*, bakteri asam asetat – *Acetobacter*, gol *Bacillus*
- Yeast/Khamir : *Saccharomyces, Candida, Endomycopsis, Torulopsis*

## Fungsi Fermentor

1. Memberikan lingkungan tetap bagi optomasi pertumbuhan mikroorganisme dan aktivitas metabolisme dalam menghasilkan suatu produk yang diinginkan
2. Mencegah kontaminasi produksi dari lingkungan pada kultur sambil mencegah pelepasan kultur ke kultur lingkungan



## Fermentor

### ★ Syarat Bahan Fermentor →

- Bersifat tidak beracun (baja tahan karat)
- Mampu menahan tekanan uap
- Tahan terhadap korosi kimia dan elektrolit

### ★ Kapasitas Fermentor →

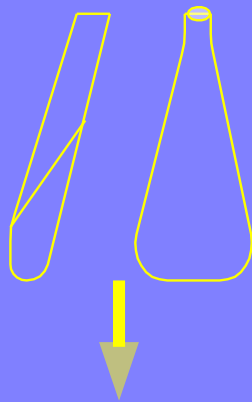
- Skala laboratorium (1-2 liter)
- Skala pilot plan (100-1000 liter)
- Skala industri ( > 1000 liter)

## Penggandaan Skala Fermentasi

- ☑ Pengertian Penggandaan Skala → Suatu proses peralihan dari suatu kegiatan produksi skala laboratorium ke skala industri
- ☑ Tahapan Pelaksanaan :
  1. Skala Laboratorium
  2. Skala Pilot Plan
  3. Skala Industri

# Penggandaan Skala Fermentasi

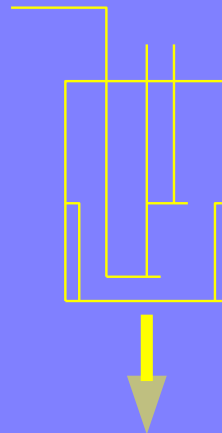
Seleksi



(-) Tab. reaksi/  
kocok 500 ml

(-) Seleksi kultur  
pengembangan

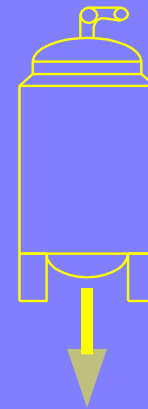
Pilot Plan



(-) 5 - 40 - 200 liter

(-) Optimasi faktor-  
faktor lingkungan

Industri



(-) 5000 - 100.000 liter

(-) membawa proses ke arah  
keuntungan perusahaan

Ukuran :

Fungsi :

## METODE KULTIVASI

Metode kultivasi berdasarkan cara operasi bioreaktor :

- curah (batch)
- sinambung (continuous)
- semi sinambung (fed- batch)

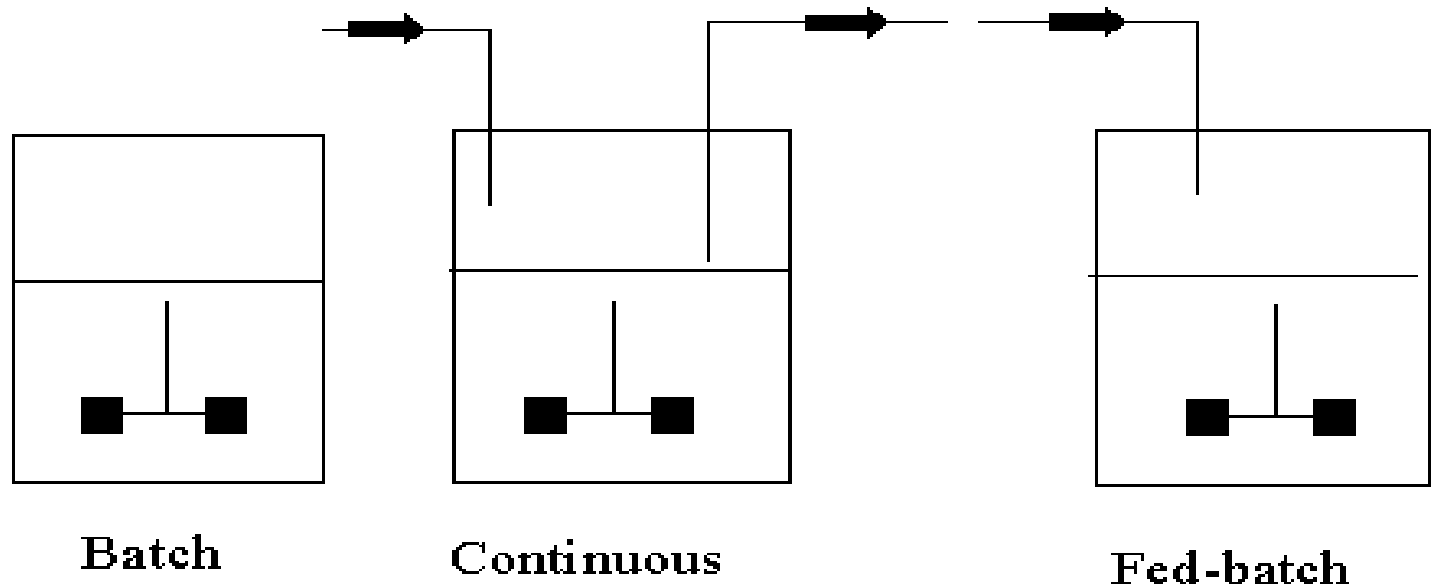


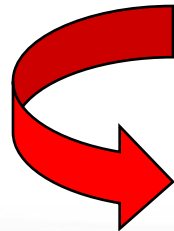
Figure 1



# KULTUR CURAH

## Pelaksanaan kultivasi :

- Bioreaktor steril diisi dengan media segar steril lalu diinokulasi dengan inokulum → **KULTIVASI** (merupakan sistem tertutup)
- Pada akhir kultivasi, isi bioreaktor dikeluarkan untuk dilakukan pemanenan produk (proses hilir)
- Bioreaktor selanjutnya dibersihkan dan disterilisasi untuk digunakan pada kultivasi berikutnya



Penyiapan/pembersihan bioreaktor repot

# KULTUR SINAMBUNG

Media segar secara kontinyu ditambahkan ke dalam bioreaktor, dan pada saat yang bersamaan cairan kultivasi dikeluarkan (Sistem Terbuka)

Sel mikroba secara kontinyu berpropagasi menggunakan media segar yang masuk, dan pada saat yang bersamaan produk, produk samping metabolisme dan sel dikeluarkan dari bioreaktor → **volume tetap**

Bioreaktor kultur sinambung membutuhkan lebih sedikit pembersihan dibandingkan sistem curah.

# KULTUR SINAMBUNG

Dapat menggunakan Sel mikroba imobil untuk memaksimalkan waktu tinggalnya (retensi), sehingga meningkatkan produktivitasnya.

**Imobilisasi sel** : penempatan mikroba pada ruang/daerah tertentu, sehingga dapat mempertahankan kestabilannya & dapat digunakan berulang-ulang (contoh : menumbuhkan/melekatkan mikroba pada *carrier*)

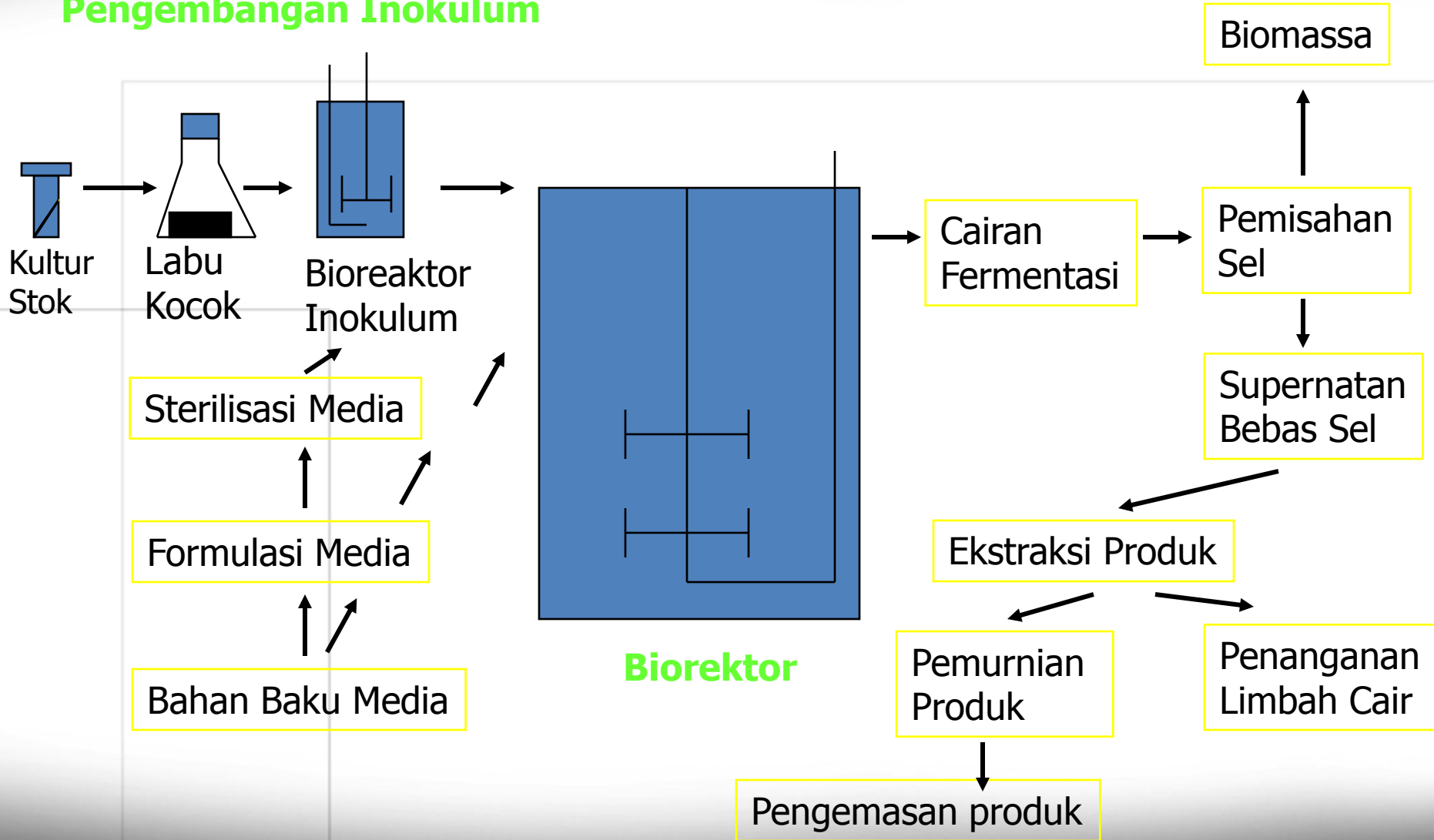
## KULTUR SEMI SINAMBUNG

- Media segar ditambahkan ke dalam bioreaktor tanpa pengeluaran isi bioreaktor.
  - Pada kultur *fed batch*, media segar ditambahkan ke dalam bioreaktor tanpa pengeluaran isi bioreaktor secara kontinu.
  - Harus disediakan ruang dalam bioreaktor untuk penambahan media
  - Pada saat isi bioreaktor penuh, bioreaktor dikosongkan, baik sebagian atau seluruhnya dan proses dimulai kembali.
  - Dapat mengurangi efek represif sumber karbon akibat penggunaan kons substrat yang tinggi dan mempertahankan kapasitas aerasi dalam bioreaktor
- Dapat mencegah efek toksik komponen media



# Skema Umum Proses Kultivasi dalam Fermentasi

## Pengembangan Inokulum



**Screening mikroba termofilik**

**Isolat mikroba termofilik penghasil enzim**

**Perbanyak mikroba  
(fermentasi skala laboratorium)**

**Ekstraksi dan isolasi enzim**

**Uji aktivitas dan sifat fisiko-kimia enzim**

**Pengembangan proses fermentasi, optimasi proses, peningkatan sifat unggul dengan mutasi atau rekayasa gentika dan protein**

**Teknologi  
Fermentasi**

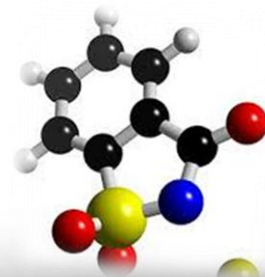
**Pencarian Galur  
Mikroba Alamiah  
Penghasil Enzim**

**Unggul**

**Aplikasi industri**



Suatu pilot-plant yang baik adalah "pabrik yang diperkecil" bukan "peningkatan percobaan laboratorium".



# Bioreaktor Dalam Industri



**Reactor Tanks**



**Reactor Tank Cover**



**Rubber Lining**



**Pump Tank**



**Mixing Tank**



**Customized Tank**



# Bioreaktor Dalam Industri



**Agitator Assembly**



**Reactor Tank Installation**



**Equipment Installation**

