

# BAB 5

## BIOTEKNOLOGI



# Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, siswa diharapkan dapat :

- Menjelaskan peran mikroorganisme dalam proses bioteknologi.
- Menjelaskan proses-proses rekayasa dalam memanipulasi sifat organisme.
- Menjelaskan manfaat dan bahaya bioteknologi bagi kehidupan.
- Memberi contoh penerapan bioteknologi yang berpengaruh pada pengembangan bahan pangan dan bidang medis.
- Memberi contoh dampak bioteknologi pada perbaikan dan merusakkan lingkungan.

Bioteknologi adalah teknologi yang memanfaatkan agen hayati atau bagian-bagiannya untuk menghasilkan barang dan jasa dalam skala industri untuk memenuhi kebutuhan manusia.

Penerapan bioteknologi umumnya mencakup produksi sel dan perubahan atau transformasi kimia. Transformasi kimia dibagi menjadi dua subbagian:

1. Pembentukan suatu produk akhir yang diinginkan, contohnya enzim, antibiotik, asam organik, dan steroid.
2. Penguraian bahan sisa produksi.

# A. MIKROORGANISME DALAM BIOTEKNOLOGI

## Proses bioteknologi

1. Reproduksiya sangat cepat.
2. Mudah diperoleh dari lingkungan kita.
3. Memiliki sifat tetap, tidak berubahubah.
4. Melalui teknik rekayasa genetika.
5. Dapat menghasilkan berbagai produk yang dibutuhkan oleh manusia dan tidak tergantung musim atau iklim.

Penelitian oleh **Louis Pasteur (1857-1876)**. Teknologi produksi bahan makanan melalui **fermentasi**.

## B. KULTUR JARINGAN

Teknik perbanyakan tanaman secara vegetatif buatan yang didasarkan pada sifat *totipotensi* tumbuhan.

Totipotensi adalah kemampuan sel atau jaringan organisme untuk tumbuh menjadi individu baru.

# 1. Prinsip dalam Teknik Kultur Jaringan

Harus dilakukan di tempat yang steril tanaman yang akan dikulturkan sebaiknya berupa jaringan muda yang sedang tumbuh.

Eksplan yang steril dikultur dalam botol yang berisi medium cair. Eksplan akan tumbuh jaringan kalus berwarna putih yang disebut *protocorm like body (PLB)*.

Faktor-faktor lingkungan di luar nutrisi, seperti cahaya, temperatur, kelembapan, dan pH, juga harus dikondisikan agar sesuai untuk kelangsungan hidup PLB. PLB akan berkembang menjadi tanaman kecil yang disebut *plantlet*. Plantlet membentuk tanaman sempurna.

Kultur jaringan memiliki manfaat sebagai berikut:

- a. Melestarikan sifat tanaman induk
- b. Menghasilkan tanaman yang memiliki sifat seragam
- c. Menghasilkan tanaman baru dalam jumlah besar
- d. Dapat menghasilkan tanaman yang bebas virus
- e. Dapat dijadikan sarana untuk melestarikan plasma nutfah
- f. Untuk menciptakan varietas baru melalui rekayasa genetika.

## 2. Macam-Macam Kultur Jaringan

- a. Kultur meristem, menggunakan jaringan (akar, batang, daun) yang muda/meristematik.
- b. Kultur anter, menggunakan kepala sari sebagai eksplan.
- c. Kultur embrio, menggunakan embrio.
- d. Kultur protoplas, menggunakan sel jaringan hidup sebagai eksplan tanpa dinding.
- e. Kultur kloroplas, menggunakan kloroplas.
- f. Kultur polen, menggunakan serbuk sari sebagai eksplannya.



### 3. Prosedur Kultur Jaringan

***a. Persiapan***

***b. Pengambilan dan Perawatan Eksplan***

***c. Pengocokan***

## Tujuan pengocokan:

1. Menggiatkan kontak antara permukaan eksplan dengan larutan media
2. Memudahkan peresapan larutan nutrisi ke dalam jaringan eksplan
3. Melancarkan sirkulasi udara, sehingga udara dapat masuk ke dalam media
4. Menjaga homogenitas atau keseragaman larutan nutrisi dalam media
5. Merangsang terpisahnya PLB yang terbentuk.

#### ***d. Media***

Media tanaman terdiri dari dua jenis, yaitu media cair dan media padat.

Media kultur harus mengandung nutrisi lengkap yang terdiri dari unsur makro, unsur mikro, vitamin, gula, dan ZPT (zat pengatur tumbuh tanaman seperti auksin, sitokinin, giberelin).

Zat pengatur dapat dipilih dari bahan-bahan di bawah ini:

1. IAA (*indoleacetic acid* / asam indolasetat).
2. IAAlD (*indoleacetaldehyde* / indol asetaldehida).
3. IAN(*indoleacetonitrile* / indol asetonitril).
4. IAEt (*ethylindoleacetate* / etilendol asetat).
5. IpyA (*indolepyruvic acid* / asam indolpiruvat).

## **C. REKAYASA GENETIKA**

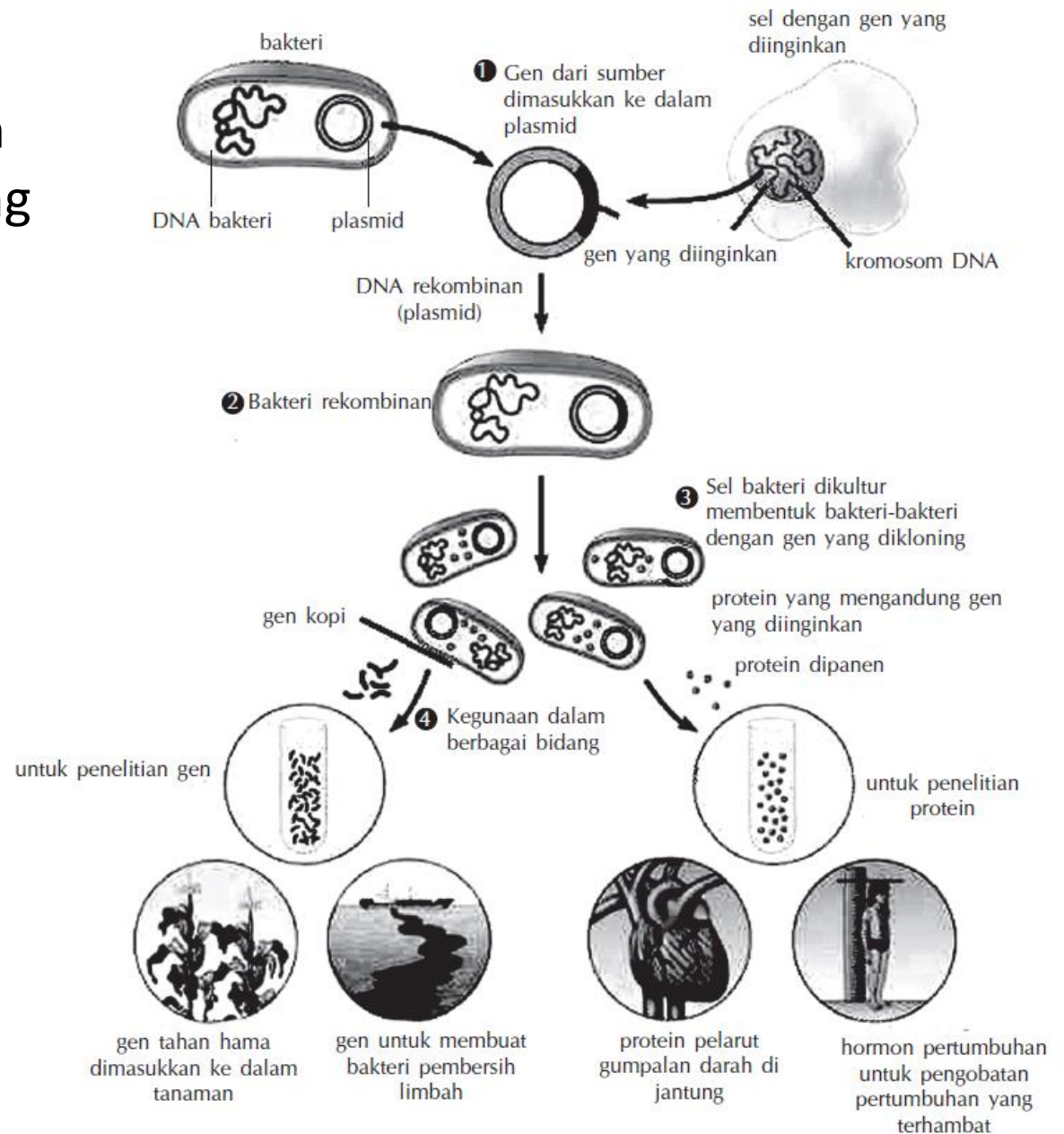
Dilakukan dengan cara membuat DNA rekombinan (DNA yang urutannya telah direkombinasi sesuai keinginan kita) melalui penyisipan gen dengan plasmid sebagai vektornya.

## Berbagai Tanaman yang Dihasilkan Melalui Kultur Jaringan dan Kegunaannya

Nama tanaman	Zat yang dihasilkan	Kegunaan
<i>Papaver somniferum</i>	Kodein	Penghilang rasa nyeri
<i>Digitalis</i> sp.	Digoksin	Pengobatan penyakit kardiovaskuler
<i>Jasminum</i> sp. (melati)	Jasmine	Bahan parfum
<i>Menta piperita</i>	Mentol	Untuk aroma makanan
<i>Chinchona ledgeriana</i>	Kina	Obat malaria
<i>Chrysanthemum</i> sp.	Pirethrin	Insektisida
<i>Catharantus roseus</i>	Indol alkaloid	Obat antileukemia
<i>Captis japonica</i>	Berberin	Obat antiseptik
<i>Derris elliptica</i>	Rotenon	Insektisida
<i>Panax ginseng</i>	Saponin	Insektisida
<i>Tectona grandis</i>	–	Bahan bangunan dan furnitur
<i>Palaenopsis</i> sp. (anggrek)	–	Tanaman hias
<i>Cocos nucifera</i> (kelapa)	–	Bahan masakan dapur

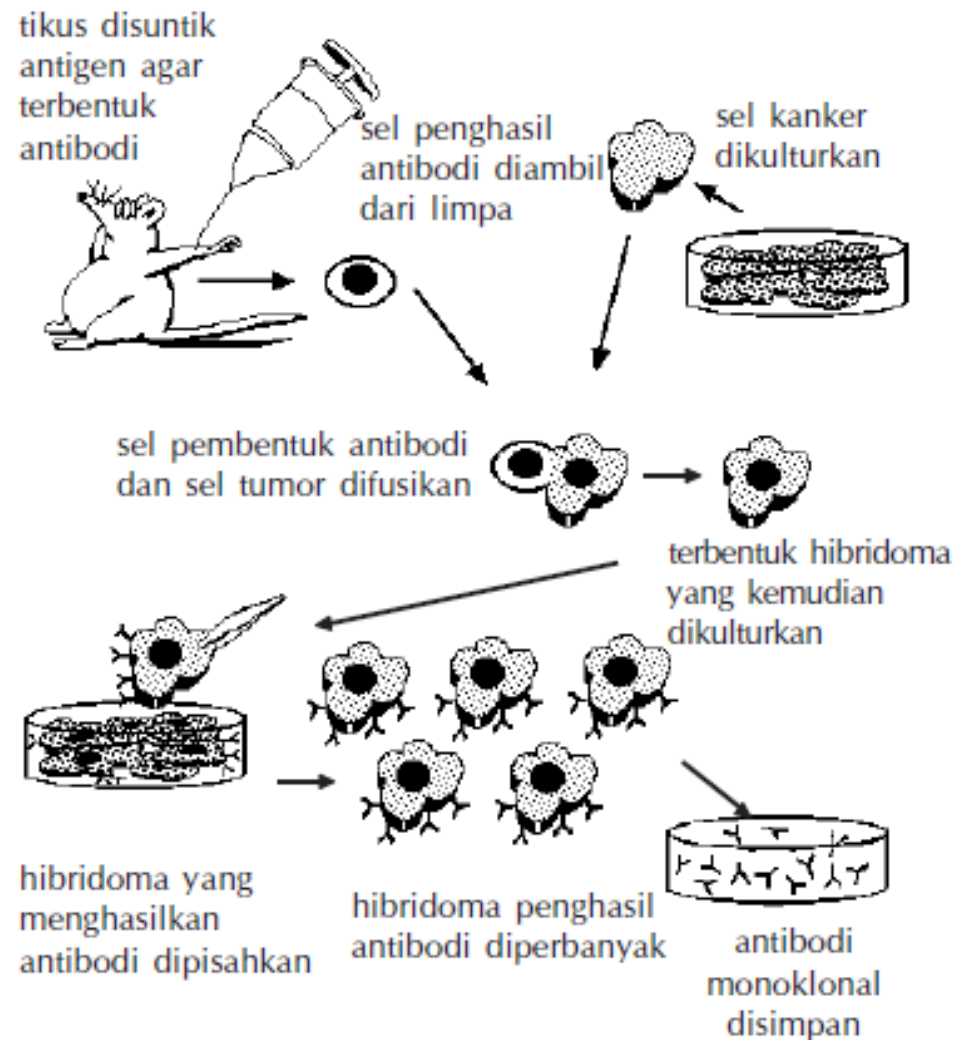
# 1. Teknik Plasmid

*Plasmid* adalah gen yang melingkar yang terdapat dalam sel bakteri, tak terikat pada kromosom.



## 2. Teknik Hibridoma

Teknik **hibridoma** adalah penggabungan dua sel dari organisme yang sama atau pun dari sel organisme yang berbeda sehingga menghasilkan sel tunggal berupa sel hibrid (hibridoma) yang memiliki kombinasi sifat dari kedua sel tersebut.



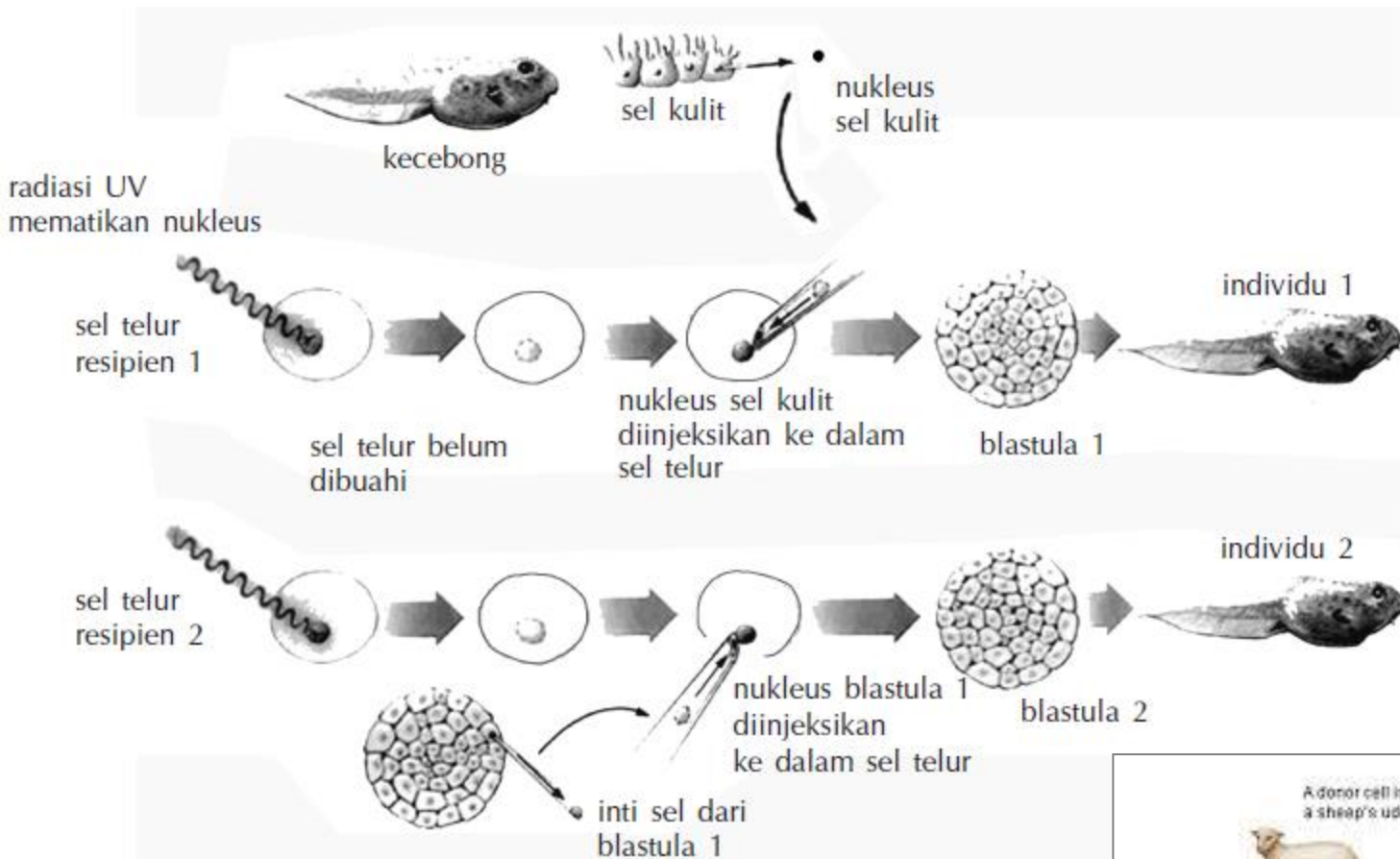


### 3. Terapi Genetik

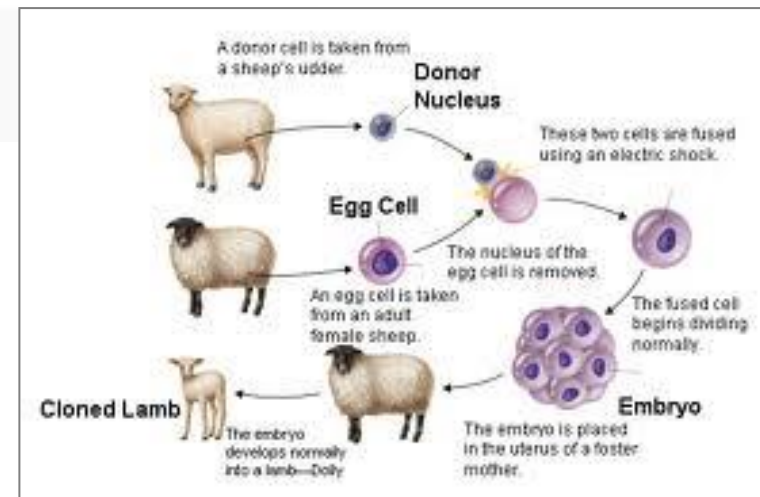
Perbaikan kelainan genetik dengan memperbaiki gen. Komite Rekayasa Genetika dari *Nasional Institute of Health (NIH)*.

Mengizinkan penerapan terapi genetik untuk dua jenis penyakit, yaitu penyakit menurun yang sangat jarang *Adenosine Deaminase Deficiency (ADD)*, dan sejenis kanker kulit yang ganas.

## 4. Kloning (Pengklonaan)



Kloning pada katak

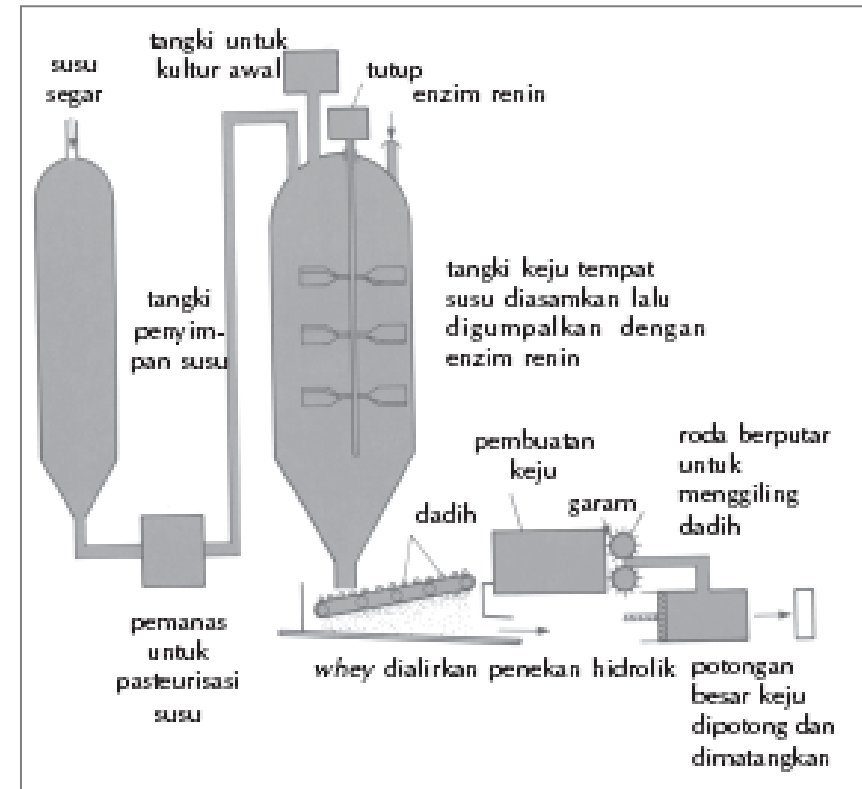


## D. BIOTEKNOLOGI PENGOLAHAN BAHAN PANGAN

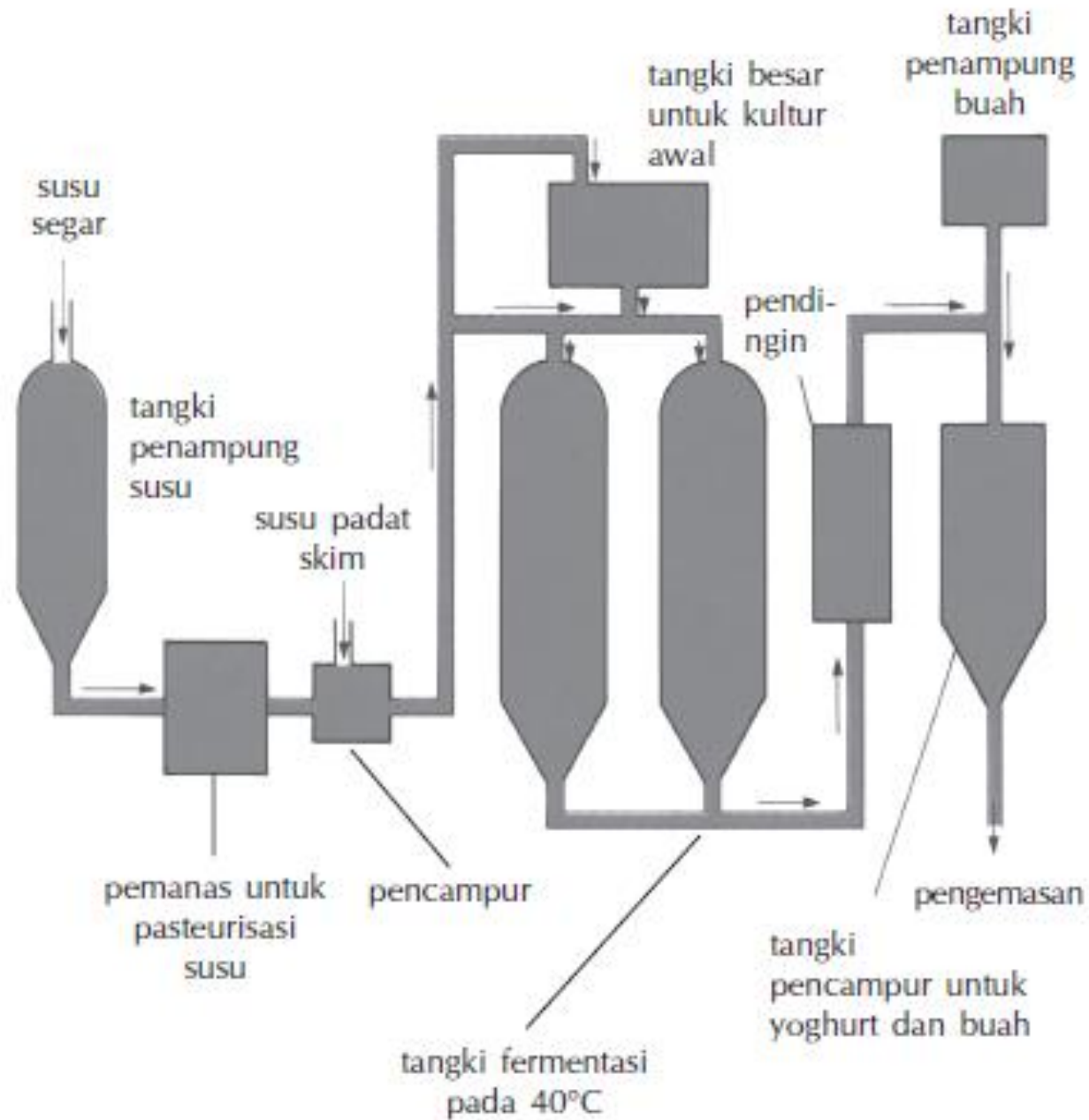
### 1. Pembuatan Roti

### 2. Pembuatan Hasil Susu

#### *a. Keju*



## ***b. Yoghurt***



### ***c. Mentega***

Pembuatan mentega, mikroorganisme yang digunakan adalah *Streptococcus lactis* dan *Leuconostoc cremoris* yang membantu proses pengasaman.

## **3. Produk Makanan Lain**

### ***a. Sauerkraut***

Sauerkraut adalah sayuran yang diasamkan agar dapat awet disimpan.

### ***b. Pengawetan Zaitun dan Timun***

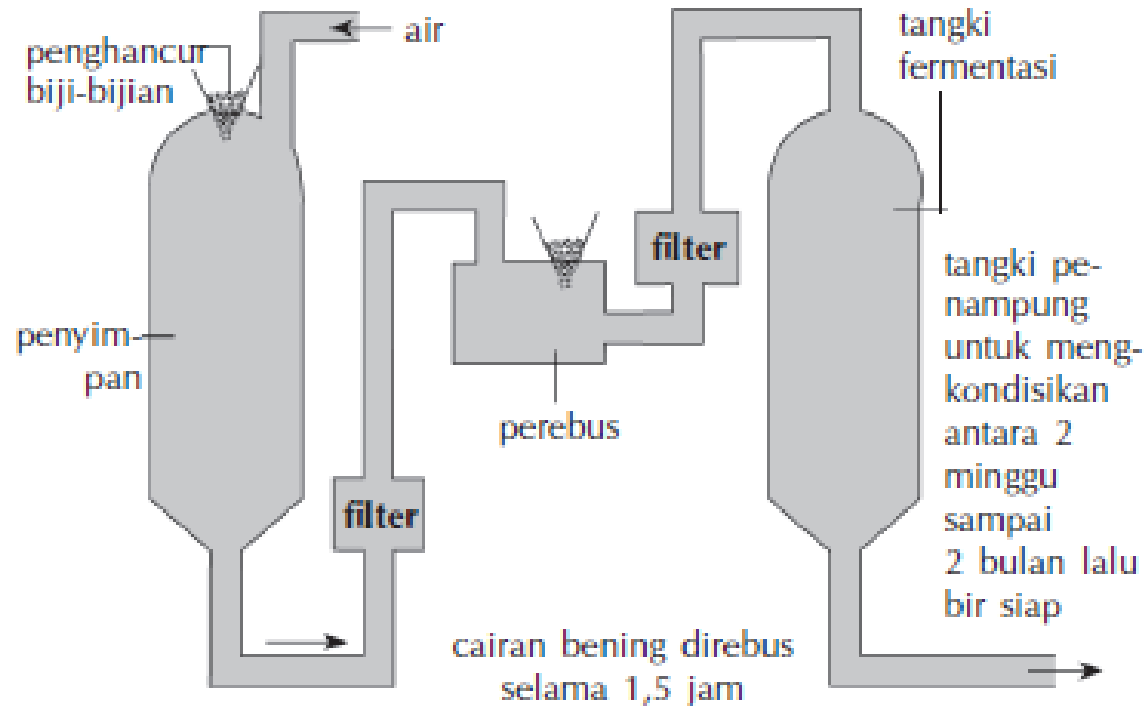
Zaitun dan timun dapat diawetkan dengan menyimpannya dalam larutan garam yang ditambah bakteri asam laktat.

### ***c. Pengolahan Kopi dan Cokelat***

Buah kopi dan cokelat diselubungi oleh getah yang harus dibuang sebelum diproses lebih lanjut.

#### ***d. Pembuatan Bir***

Pembuatan bir melibatkan proses penumbukan dan fermentasi.



hancuran dan biji-bijian gandum ditumbuk pada suhu  $66^{\circ}\text{C}$  selama 11,5 jam agar tepung berubah menjadi gula

cairan bening didinginkan sampai  $18-20^{\circ}\text{C}$  dan difermentasi menggunakan khamir

## 4. Protein Sel Tunggal

Dibuat dari alga *Chlorella*, *Spirulina*, dan *Scenedesmus*; *Candida utylis*; *Fusarium gramineaum*.

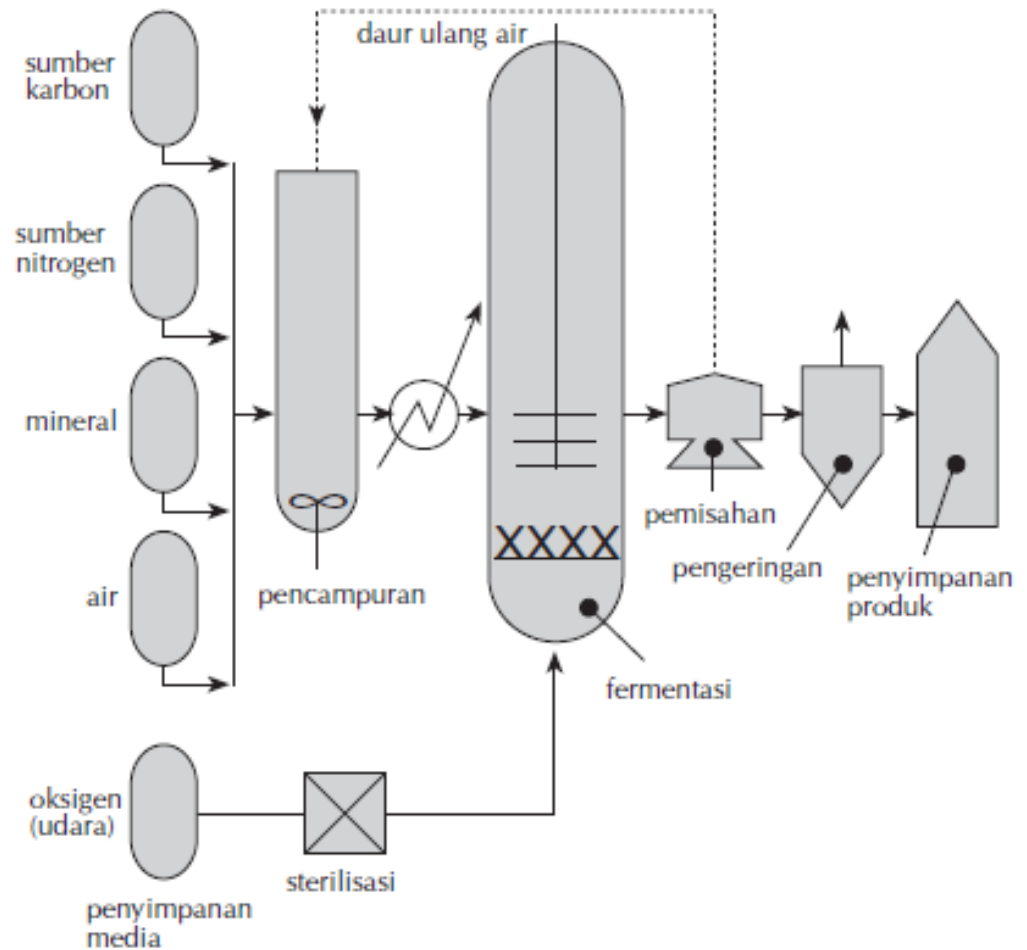
Kelebihan PST :

- a. Laju pertumbuhan sangat cepat yaitu dalam ukuran jam dan masih bisa ditingkatkan lagi
- b. Dapat menggunakan bermacam-macam media atau substrat
- c. Produksi PST tidak tergantung iklim dan musim
- d. memiliki kandungan protein lebih tinggi daripada hewan dan tumbuhan.



# Mekanisme kerja dalam produksi PST:

- Penyediaan sumber makanan yang mengandung karbon, nitrogen, fosfor, dan unsur-unsur lain
- Sterilisasi media
- Pembiakan mikroba penghasil PST
- Pemanenan dengan memisahkan biomassa mikroba dari cairan fermentasi
- Pemurnian hasil panen.



## 5. Produk Asam Amino, Vitamin, dan Enzim

Mikroorganisme yang Diproduksi secara Komersial untuk Pembuatan Asam Amino dan Vitamin

Jenis mikroorganisme	Produk asam amino	Vitamin
<i>Corynebacterium glutamicum</i>	Treonin dan lisin	–
<i>Micrococcus glutamicus</i>	Lisin	–
<i>Brevibacterium</i> sp.	Glutamat	–
<i>Pseudomonas</i> sp.	–	Vitamin B12
<i>Propionibacterium</i> sp.	–	Vitamin B12
<i>Ashbya gossypii</i>	–	Riboflavin
<i>Streptomyces oliveus</i>	–	Kobalamin
<i>Propionibacterium freudenreichii</i>	–	Kobalamin

## Mikroorganisme yang Diproduksi secara Komersial untuk Produksi Enzim

Jenis mikroorganisme	Enzim	Kegunaan
<i>Aspergillus niger</i>	Amilase Selulase Lipase Pektinase	Pembuatan bir: melunakkan biji-bijian menjadi seperti bubur Makanan: pengentalan cairan kopi Pengolahan susu: produksi cita rasa dalam keju. Anggur dan sari buah: membantu penguraian
<i>Aspergillus oryzae</i>	Protease	Pembuatan bir: stabilisator bir Pemasakan: pembuatan roti Makanan: pelunak daging Farmasi: membantu dalam pencernaan
<i>Bacillus subtilis</i>	Amilase  Pinitilase	Makanan: membuat sirup/gula cair Farmasi: membantu dalam pencernaan Tepung: kanji/lem, pembuatan kertas dan tekstil Farmasi: agen diagnostik
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Sukrase	Farmasi: dekstran, pengganti plasma darah
<i>Saccharomyces fragillis</i>	Laktase	Pengolahan susu: mencegah kristalisasi laktosa dalam es krim dan susu kental

# E. BIOTEKNOLOGI FARMASI/KEDOKTERAN

## 1. Pembuatan Vaksin

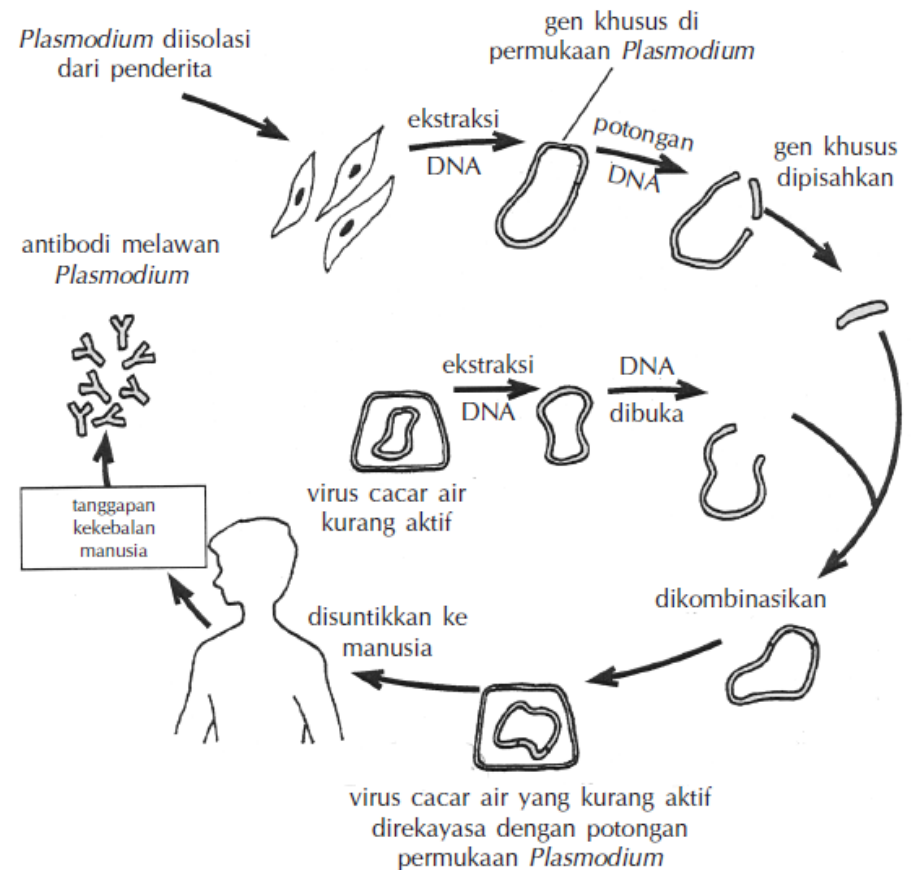
Vaksin digunakan untuk melindungi atau mencegah tubuh terserang penyakit dapat berasal dari mikroorganisme (virus, bakteri) yang dilemahkan atau **toksin** yang dihasilkan oleh mikroorganisme tersebut.

## Efek samping:

- a. Mikroorganisme yang digunakan untuk membuat vaksin masih melanjutkan proses reproduksi
- b. Mikroorganisme digunakan untuk membuat vaksin mungkin masih dapat menyebabkan penyakit
- c. Alergi terhadap sisasisa sel dari produksi vaksin
- d. Orang yang bekerja dalam pembuatan vaksin bersentuhan dengan organisme berbahaya sebagai bahan pembuat vaksin.

## Prinsip-prinsip rekayasa genetika dalam pembuatan vaksin:

- mengisolasi (memisahkan) gen-gen dari organisme penyebab penyakit yang berperan menghasilkan antigen
- menyisipkan gen-gen yang telah diisolasi ke tubuh organisme yang kurang patogen
- mengkulturkan organisme hasil rekayasa
- mengekstraksi antigen yang kemudian digunakan sebagai vaksin.



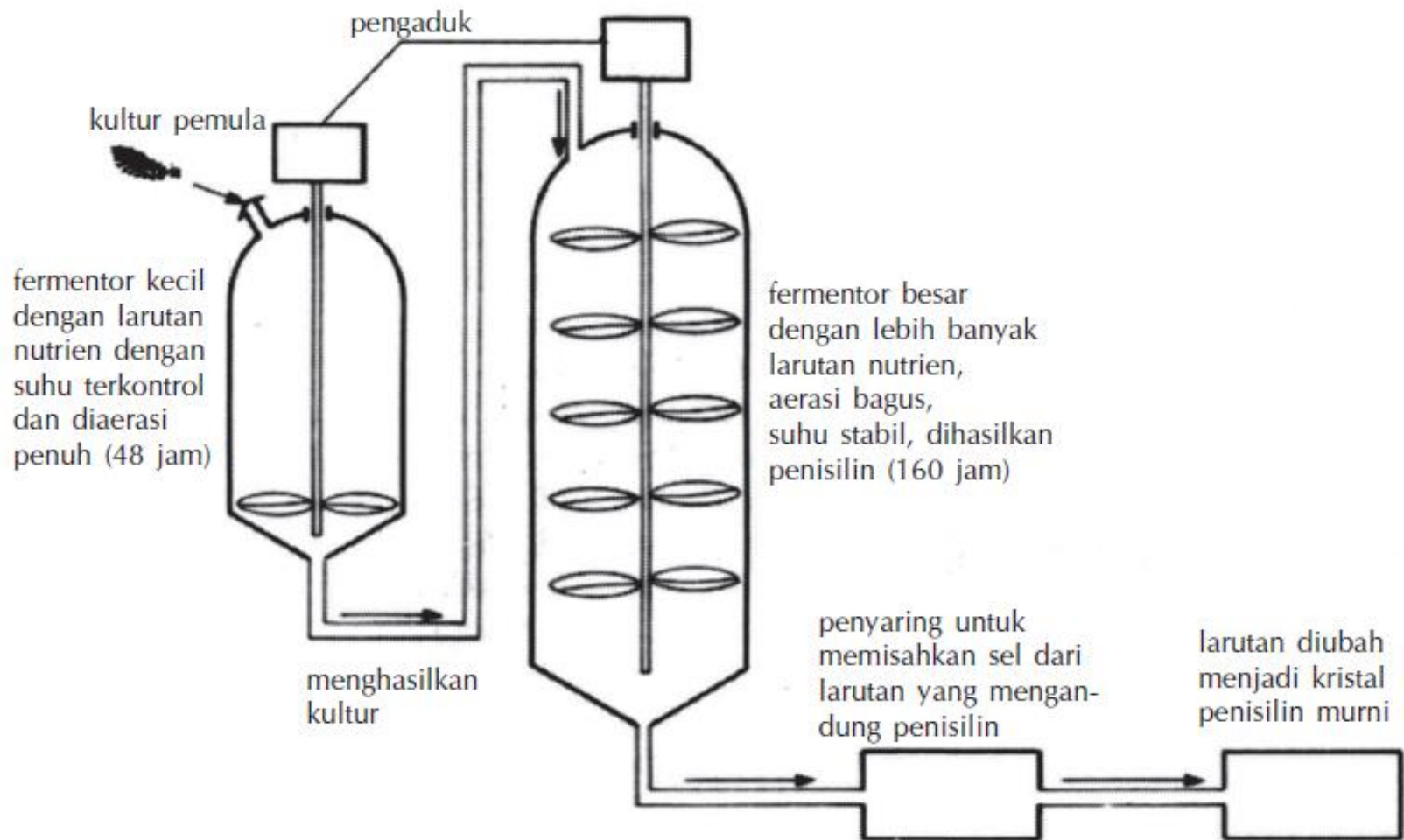
## **2. Pembuatan Antibiotik**

Pembuatan antibiotik melalui beberapa tahap.

- a. Mikroorganisme penghasil antibiotik dikembangkan.
- b. Mikroorganisme dipindahkan ke dalam bejana fermentasi yang menyerupai tangki besar. Di tempat ini, mikroorganisme dipacu dengan lingkungan yang cocok agar berkembang biak secara cepat.
- c. Dari cairan biakan antibiotik diekstraksi dan dimurnikan, selanjutnya diuji dengan urutan

1. zat diuji dalam tabung reaksi, apakah dapat mematikan kuman atau tidak
2. kemudian zat diujikan pada hewan percobaan, termasuk diteliti efek sampingnya
3. jika ternyata aman dapat diujikan pada sekelompok orang dengan pengawasan ketat para ahlih
4. jika berhasil barulah diujikan pada orang sakit dan selanjutnya dipasarkan.

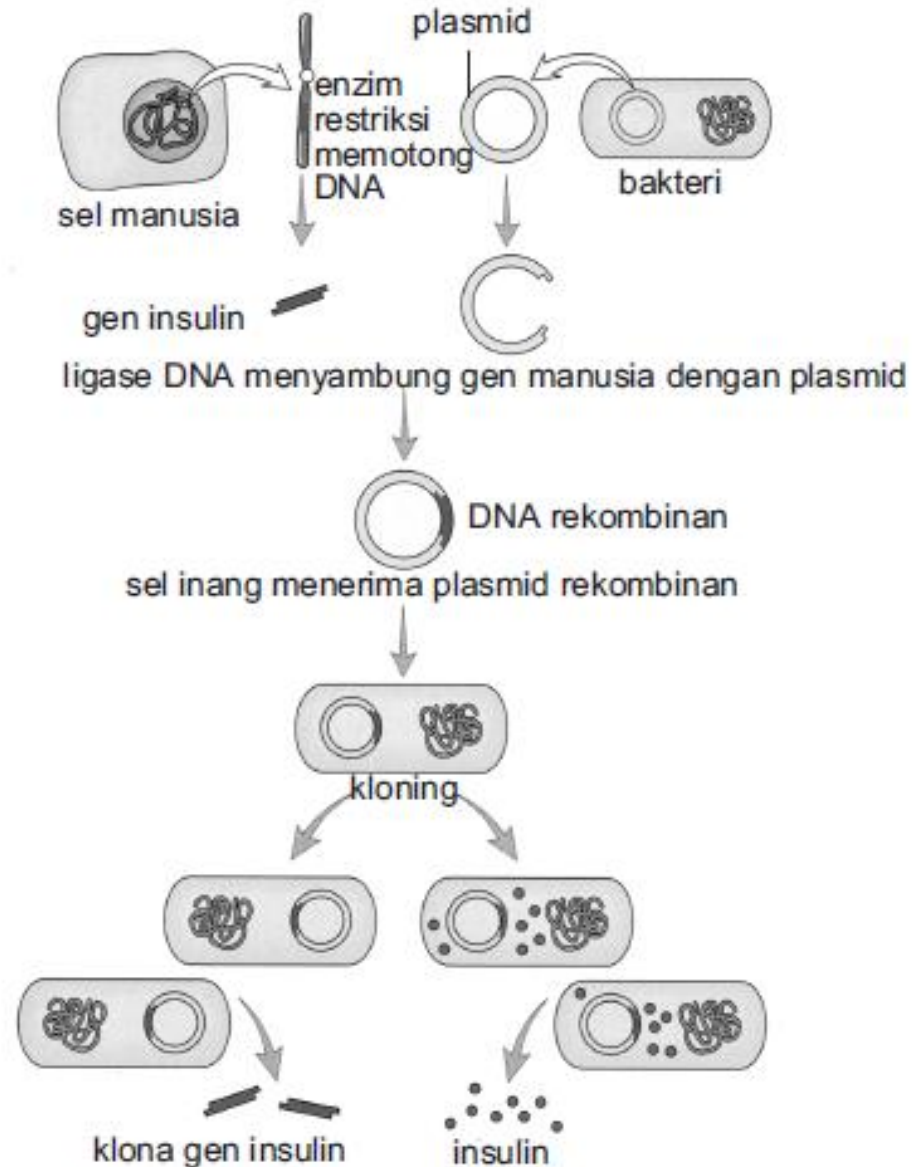




Pembuatan antibiotik penisilin dalam skala besar

## 4. Insulin

Protein yang bertugas mengontrol metabolisme gula dalam tubuh manusia.



## F. BIOTEKNOLOGI PERTANIAN

### 1. Tanaman Kebal Terhadap Hama dan Penyakit

Dengan rekayasa genetika menyisipkan gen bakteri *Bacillus thuringiensis* yang dapat menghasilkan senyawa endotoksin pada tanaman budidaya.

Tanaman yang disisipi gen bakteri dinamakan **tanaman transgenik**.

Tanaman transgenik telah memiliki kemampuan memberantas hama dan penyakit dengan senyawa racun yang dikandungnya.

## 2. Tanaman yang Dapat Memfiksasi Nitrogen

Dengan bioteknologi mengembangkan tumbuhan yang akarnya dapat bersimbiosis dengan *Rhizobium*. melibatkan gen *nif*. Para ilmuwan menyisipkan gen *nif* ini pada:

- Tumbuhan sereal yang sesuai
- Bakteri yang berasosiasi dengan tumbuhan sereal
- Plasmid Ti (*Tumor Inducing*) dari *Agrobacterium* dan kemudian menginfeksikannya ke tumbuhan yang sesuai dengan bakteri yang telah direkayasa.



## G. BIOTEKNOLOGI PETERNAKAN

### 1. Hewan Transgenik

Hewan yang diberi perlakuan rekayasa genetika disebut *hewan transgenik*. Hewan disisipkan gen-gen yang dibutuhkan manusia. Contohnya domba transgenik.

Teknik pelestarian dengan rekayasa genetika sangat berguna karena:

- a. induk dari spesies biasa dapat melahirkan anak dari spesies langka.
- b. telur hewan langka yang sudah dibuahi dapat dibekukan, lalu disimpan bertahun-tahun.

## 2. Hormon BST (Bovine Somatotrophin)

Dengan rekayasa genetika dapat diproduksi hormon pertumbuhan hewan, hormon BST (bovine somatotropin).

Caranya :

- a. plasmid bakteri *E. coli dipotong* dengan enzim endonuklease
- b. gen somatotropin sapi diisolasi dari sel sapi
- c. gen somatotropin disisipkan ke plasmid bakteri
- d. plasmid dimasukkan lagi ke sel bakteri
- e. bakteri yang menghasilkan bovin somatotropin ditumbuhkan dalam tangki fermentasi
- f. Bovine somatotrophin diambil dari bakteri dimurnikan.

# **H. BIOTEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH**

## **1. Pengolahan Air Limbah**

Pemrosesan air limbah bertujuan untuk menghilangkan zat pencemar biologis maupun kimiawi. Mekanisme yang dilalui ialah:

- a. menghilangkan sisa-sisa terakhir benda padat yang tersuspensi
- b. menghilangkan gangguan yang tidak dikehendaki
- c. menghilangkan rasa, warna, bau, dan mengurangi kandungan zat yang terlarut.

Prinsip kerja dalam pengolahan limbah.

***a. Pengumpulan***

Limbah dari rumah, industri, dan dari aktivitas lainnya disalurkan ke jaringan saluran bawah tanah, lalu dikumpulkan ke pusat pengolahan.

***b. Pemilahan***

Limbah yang masuk ke tempat pengolahan dilewatkan pada lempengan metal yang berfungsi memisahkan.

***c. Pengaliran Limbah***

Limbah dialirkan lewat lubang-lubang kecil disaring, dicuci, dikumpulkan dan digunakan untuk mengisi lubang-lubang di tanah.

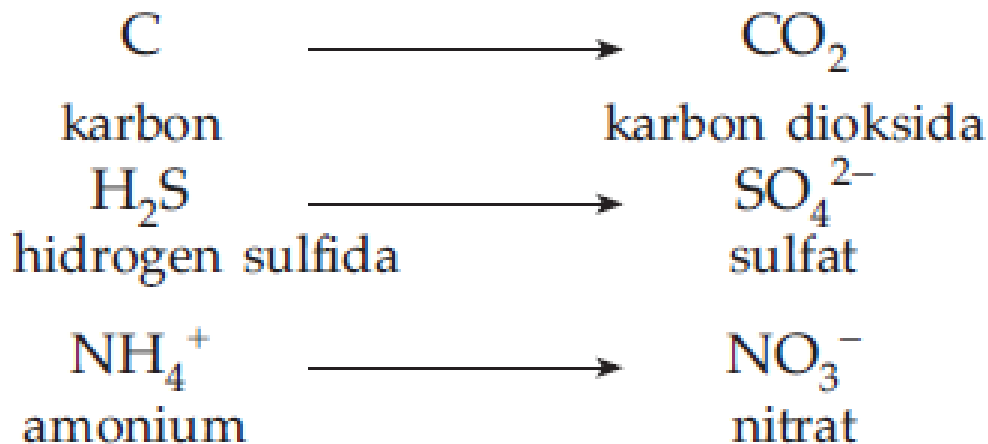


#### ***d. Pengendapan***

Limbah dialirkan mengendap di dasar tangki membentuk *sludge* (endapan) *kasar*.

#### ***e. Proses Aerob***

Aktivitas pemecahan memerlukan banyak oksigen, dan reaksi berikut :



Proses aerob terbagi menjadi dua.

*1. Pengaktifan sludge*

Gelembung-gelembung udara didifusikan pada efluen primer.

*2. Penyaringan*

Efluen primer disemprotkan dari lengan-lengan horisontal secara perlahan ke dasar saringan yang terbuat dari kerak besi (tahi arang), kerikil, atau wadah plastik dalam tangki beton.

***f. Kuncuran Air***

Air dari tangki-tangki penempatan disaring lewat alas yang terbuat dari pasir halus dan arang aktif ditambah klorin untuk mencegah pertumbuhan organisme yang masih tersisa.

***g. Proses Anaerob***

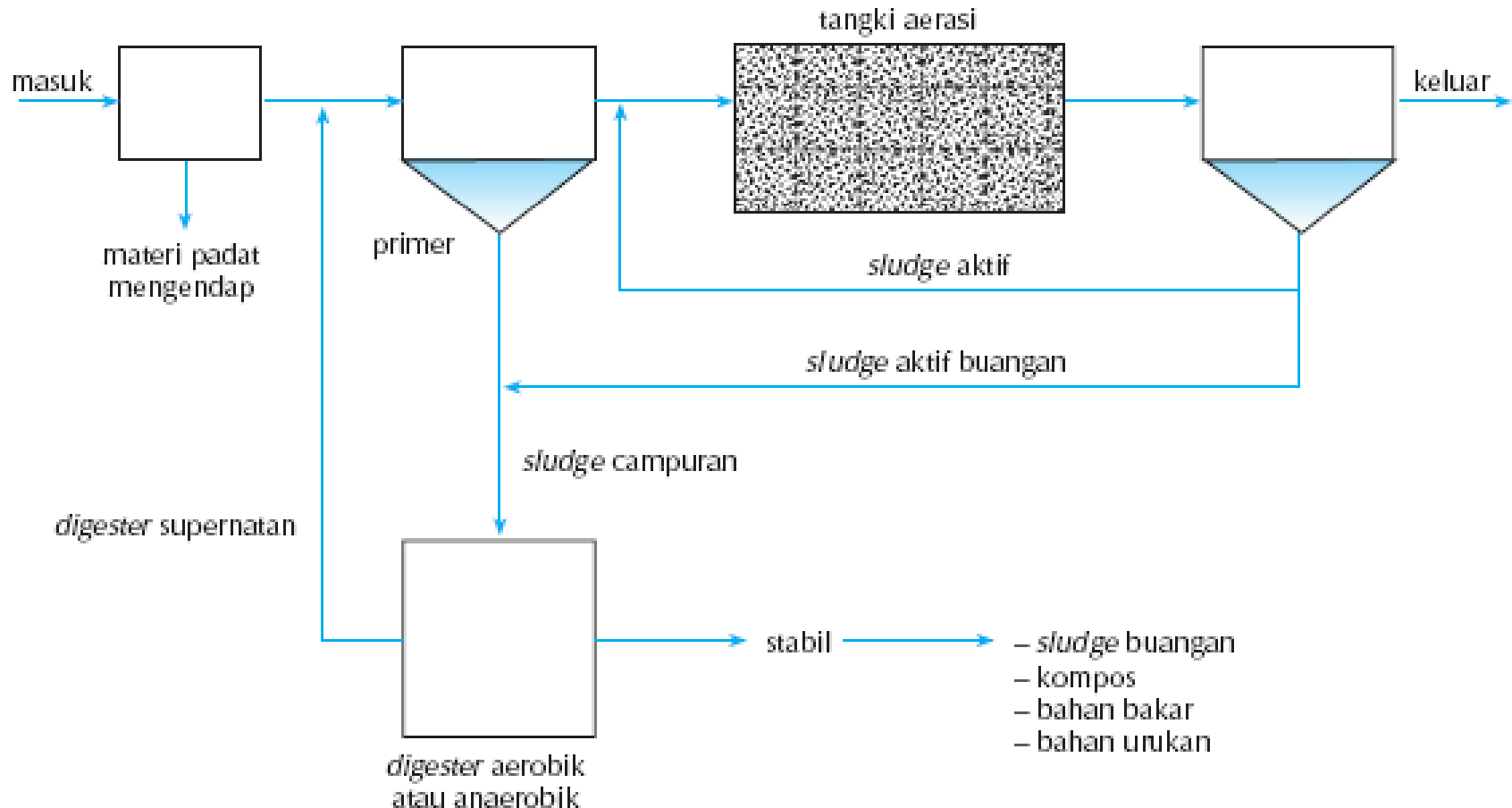
Proses anaerob didiamkan 2 sampai 3 minggu dalam tangki tanpa oksigen dengan suhu 30°C – 40°C.

***h. Sumber Energi***

Gas yang diproduksi selama proses anaerob, yaitu metana digunakan untuk membakar atau memanaskan tangki pencernaan dan menyalakan listrik.

### ***i. Pembuangan Sampah***

*Sludge* yang telah dicerna dibuang di laut atau disemprotkan ke tanah.



## **2. Pengolahan Limbah Minyak**

Untuk mengurangi minyak menggunakan jamur *Cladosporium resinae*.

## **3. Biodegradasi Plastik**

Plastik dapat didegradasi oleh mikroba jamur *Cladosporium resinae*.

Telah ada penelitian yang berhasil menemukan bentuk baru plastik yang *biodegradable* untuk industri pengemasan.

# I. BIOTEKNOLOGI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

## 1. Gasohol

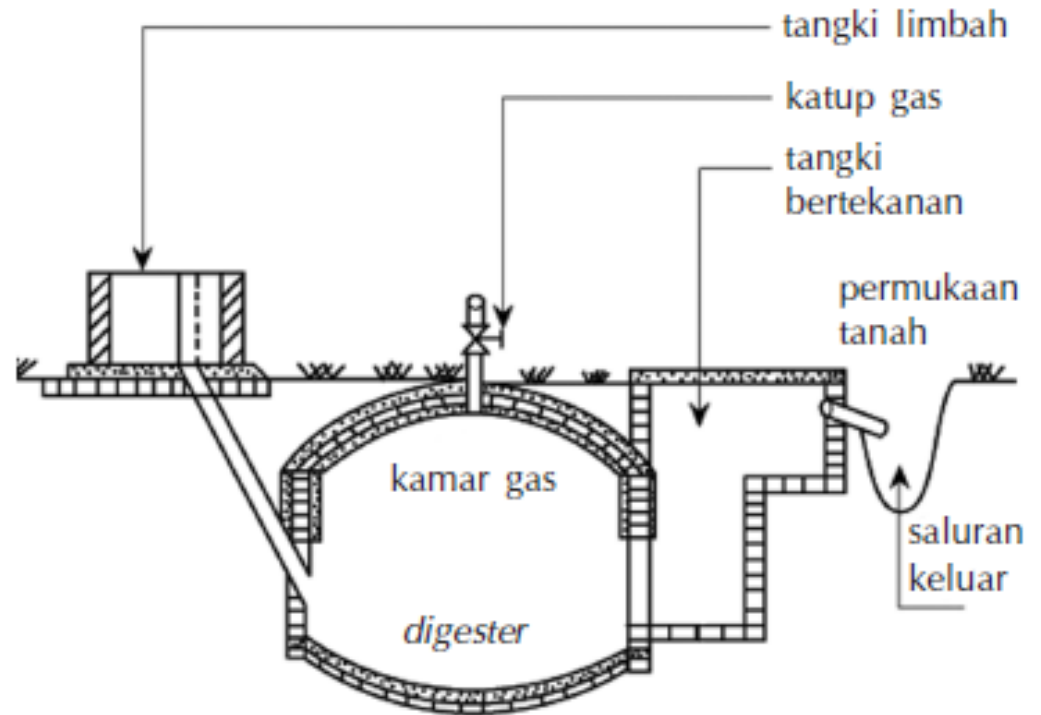
Proses pembuatan gasohol:

- a. penanaman tebu
- b. ekstraksi gula dengan memecah dan menggilas tebu
- c. pengkristalan sukrosa, yang menyisakan sirup glukosa yang disebut *molase*
- d. fermentasi molase oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae* menjadi alkohol pekat
- e. destilasi (penyulingan) alkohol pekat menjadi etanol murni (gasohol), memakai sumber tenaga dari *bagasse*.

## 2. Biogas

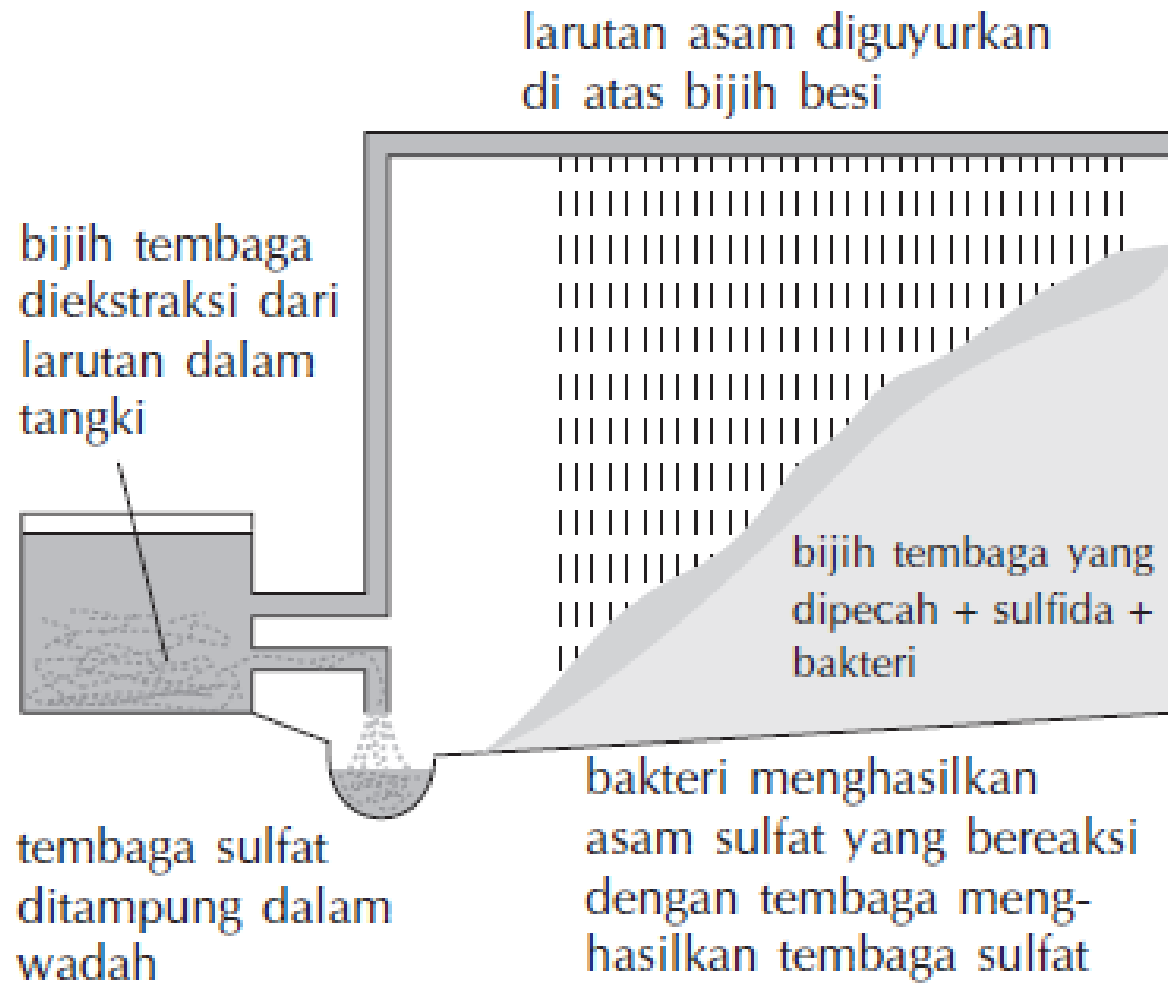
Tiga kelompok mikroba menghasilkan gas metana:

- a. kelompok bakteri fermentatif, yaitu *Streptococci*, *Bacterioides*, dan beberapa jenis *Enterobacteriaceae*.
- b. kelompok bakteri asetogenik, yaitu *Kethanobacillus* dan *Desulfovibrio*
- c. kelompok bakteri metana, yaitu *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, dan *Methanococcus*.



Contoh fermentor biogas yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi lokal

## J. BIOTEKNOLOGI PERTAMBANGAN



Skema biohidrometalurgi tembaga



## K. IMPLIKASI BIOTEKNOLOGI

### 1. Bioteknologi dan Hak Atas Kekayaan Intelektual (HaKI)

Kemajuan dan perkembangan bioteknologi mempunyai prospek bisnis telah menggerakkan adanya HaKI (*Intellectual Property Rights, IPR*) untuk melindungi penemuan-penemuan baru baik produk atau pun proses sehingga hanya dapat digunakan dan dimanfaatkan oleh pakar penemu atau institusi yang membiayai penemuan tersebut.

## 2. **Bioteknologi dan Keamanan Hayati** **(*Biosafety*)**

(*Cartagena Protocol on Biosafety*) tentang prosedur transportasi produk bioteknologi antarnegara yang memperkuat adanya kemungkinan bahaya dampak merugikan terhadap keanekaragaman hayati, ekosistem, kesehatan manusia, ekonomi, sosial, budaya, dan pengetahuan tradisional (*indigenous knowledge*).