



Kampus
Merdeka
INDONESIA JAYA

E-BOOK BIOTEKNOLOGI

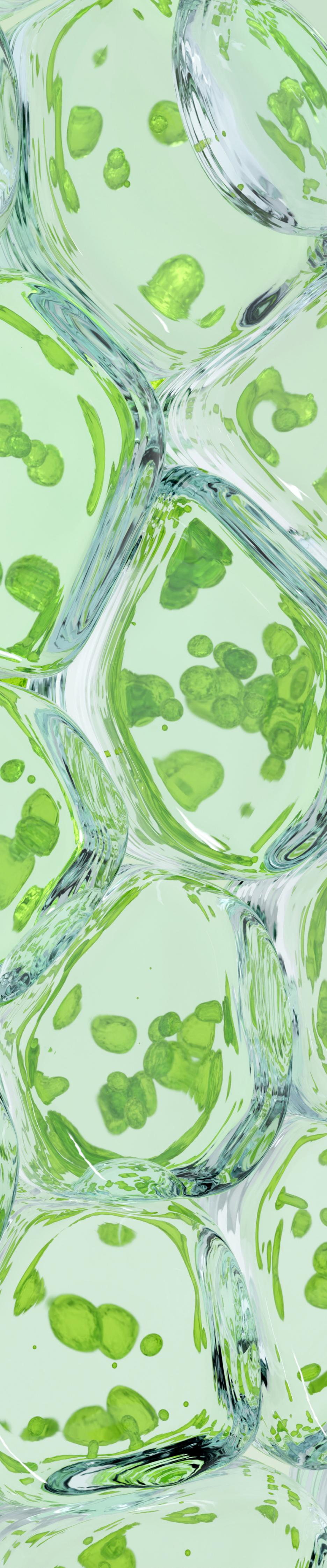
Berbasis Project Based Learning



KELAS
XII
SMA/MA

Disusun oleh :
Vina Destyara

i



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahi rabbil alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat serta karuniaNya sehingga Saya dapat menyelesaikan bahan ajar yang berjudul "E-Book Bioteknologi" tepat pada waktunya.

Adapun tujuan dari penyusunan bahan ajar berupa e-book ini yaitu untuk membantu peserta didik dalam mempelajari dan memahami materi pembelajaran Bioteknologi dengan mudah dan praktis.

Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak Lutfy Hari Susanto, M.Pd selaku dosen pengampu mata kuliah pengembangan bahan ajar yang telah membimbing Saya dalam pembuatan bahan ajar ini.

Saya menyadari bahwa dalam proses pembuatan bahan ajar berupa e -book ini masih jauh dari kesempurnaan baik materi maupun cara penulisan. Oleh karena itu, kritik saran yang dapat membangun Saya nantika demi kesempurnaan bahan ajar ini.

Bogor, 15 April 2023

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Sampul	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Petunjuk Penggunaan E-Book	vi
Fitur E-Book	vii
Pendahuluan	ix
A. Kompetensi Inti	ix
B. Kompetensi Dasar	ix
C. Indikator Pencapaian Kompetensi	x
D. Tujuan Pembelajaran	x
Peta Konsep	xi
Sub Bab I	1
Prinsip-Prinsip Bioteknologi	1
A. Pengertian dan Prinsip Dasar Bioteknologi	1
B. Manfaat Bioteknologi	3
Sub Bab II	4
Bioteknologi Konvensional dan Modern	4
A. Bioteknologi Konvensional	4
1. Bidang Pangan	4
2. Bidang Pertanian	10
3. Bidang Industri	11
4. Bidang Kesehatan	12
5. Bidang Peternakan	13

DAFTAR ISI



B. Bioteknologi Modern	13
1. Teknik Kultur Jaringan	14
2. Rekayasa Genetika	16
a. Teknologi Plasmid	17
b. Fusi Protoplasma	18
c. Kloning	20
3. Bayi Tabung	21
4. Inseminasi Buatan	22
5. Hibridisasi	23
C. Kelebihan dan Kekurangan	24
1. Bioteknologi Konvensional	24
2. Bioteknologi Modern	24
Sub Bab III	25
Penerapan Bioteknologi pada Berbagai Bidang	25
A. Bidang Pangan	25
B. Bidang Pertanian dan Peternakan	29
C. Bidang Kesehatan	35
D. Bidang Lingkungan	40
Sub Bab IV	42
Dampak Positif dan Negatif Bioteknologi	42
A. Bidang Lingkungan	42
B. Bidang Sosial Ekonomi	43
C. Bidang Kesehatan	44
D. Bidang Etika Moral	44

DAFTAR ISI

Praktikum	46
Evaluasi	50
Kunci Jawaban	54
Rangkuman	59
Glosarium	61
Daftar Pustaka	66
Profil Penyusun	69

PETUNJUK PENGGUNAAN

E-Book ini berisikan materi Bioteknologi berbasis *Project Based Learning* (PjBL) yang terdiri dari teks, gambar, video yang dipublikasikan dalam bentuk digital yang dapat dibaca di perangkat elektronik seperti handphone, laptop serta komputer. Adapun tampilan dari E-Book sebagai berikut.

FITUR E-BOOK

E-Book materi Bioteknologi berbasis *Project Based Learning* (PjBL) dirancang agar siswa mampu belajar secara praktis melalui perangkat elektronik. Fitur-fitur yang termuat dalam E-Book diharapkan mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dan dapat meningkatkan pemahaman terkait materi bioteknologi melalui projek pembuatan produk bioteknologi konvensional. Adapun fitur-fitur yang termuat dalam E-Book antara lain :



Bio Article



Menyajikan artikel pendukung yang dapat menambah pemahaman peserta didik.



Bio Fun Fact



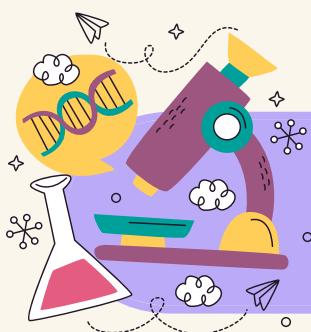
Menyajikan informasi menarik yang dapat menambah wawasan peserta didik.



Bio Watch



Menyajikan video bersumber dari youtube yang dapat diakses secara langsung tanpa melalui akses link terlebih dahulu.



Bio Lab



Menyajikan panduan kegiatan praktikum peserta didik berbasis *Project Based Learning* (PjbL).



Bio Evaluation



Menyajikan soal-soal evaluasi terkait materi bioteknologi untuk melatih pemahaman peserta didik.



Bio Resume



Menyajikan ringkasan singkat mengenai materi bioteknologi.



PENDAHULUAN

A. Kompetensi Inti

- KI 3** Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingin tahuanya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.
- KI 4** Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.

B. Kompetensi Dasar

- 3.10** Memahami tentang prinsip-prinsip bioteknologi yang menerapkan bioproses dalam menghasilkan produk baru untuk meningkatkan kesejahteraan manusia dalam berbagai aspek kehidupan.
- 4.10** Merencanakan dan melakukan percobaan dalam penerapan prinsip-prinsip bioteknologi konvensional untuk menghasilkan produk dan mengevaluasi produk yang dihasilkan serta prosedur yang dilaksanakan.



C. Indikator Pencapaian Kompetensi

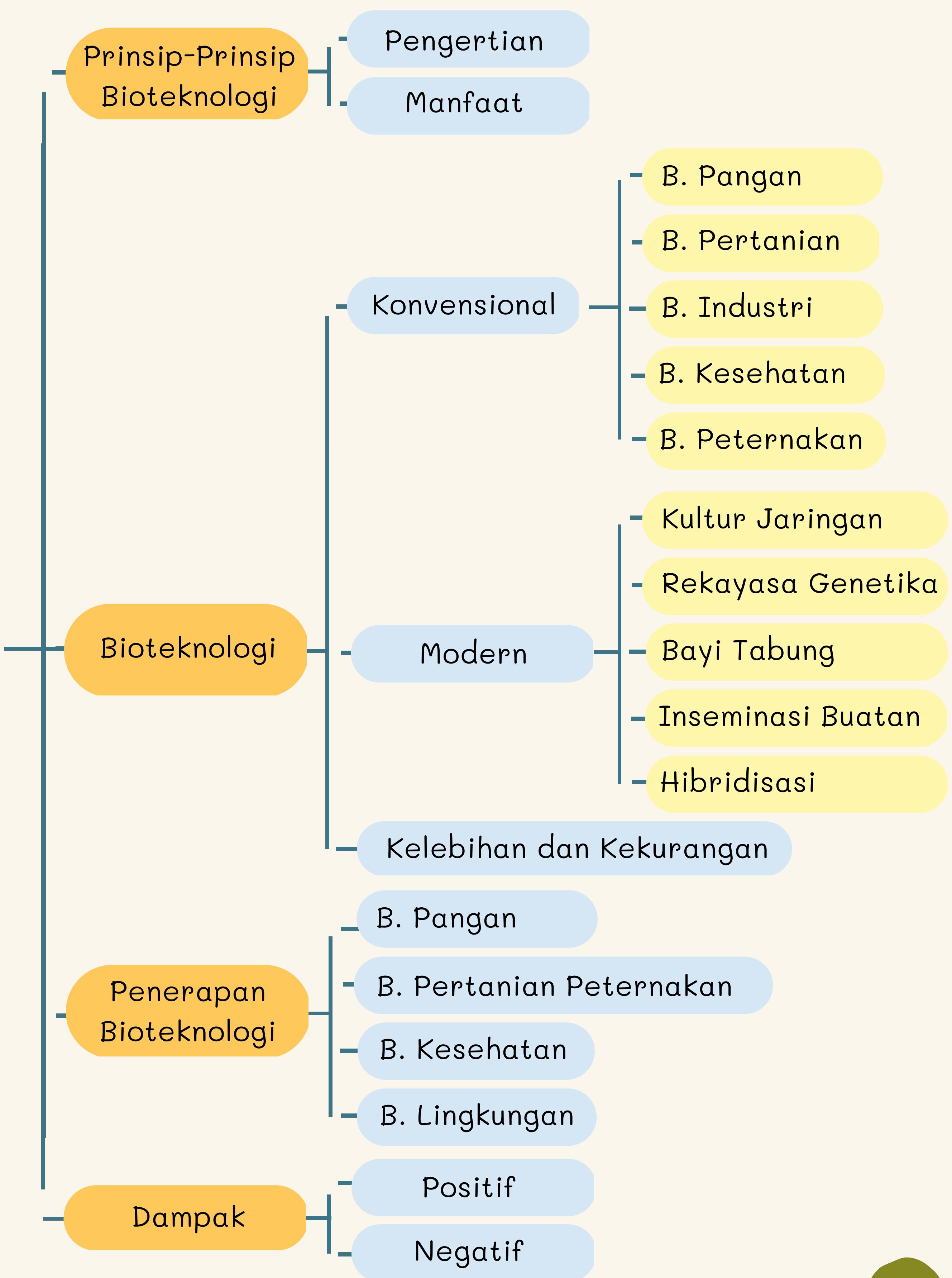
- Menjelaskan prinsip dasar bioteknologi
- Membedakan bioteknologi konvensional dan modern
- Menganalisis penerapan bioteknologi di berbagai bidang
- Menjelaskan manfaat dan dampak bioteknologi bagi kehidupan manusia

D. Tujuan Pembelajaran

- Peserta didik dapat menjelaskan prinsip dasar bioteknologi
- Peserta didik dapat membedakan bioteknologi konvensional dan modern
- Peserta didik dapat menganalisis penerapan bioteknologi di berbagai bidang
- Peserta didik dapat menjelaskan manfaat dan dampak bioteknologi bagi kehidupan manusia

PETA KONSEP

BIOTEKNOLOGI





SUB BAB I

PRINSIP DASAR BIOTEKNOLOGI

A. Pengertian

Bioteknologi berasal dari bahasa Latin, yaitu Bio (hidup), teknos (teknologi), dan logos (ilmu). Artinya, ilmu yang mempelajari penerapan prinsip-prinsip biologi. Menurut European Federation of Biotechnology (EFB), Bioteknologi sebagai perpaduan dari ilmu pengetahuan alam dan ilmu rekayasa yang bertujuan untuk meningkatkan aplikasi organisme hidup, sel, bagian dari organisme hidup dan atau analog molekuler untuk menghasilkan barang dan jasa.

Adapun ilmu-ilmu pendukung dalam bioteknologi diantaranya adalah mikrobiologi, biokimia, genetika, biologi sel, teknik kimia dan enzimologi. Saat ini, aplikasi bioteknologi tidak hanya pada mikroorganisme saja, namun telah diterapkan pada tumbuhan dan hewan.

Terdapat 4 prinsip dasar bioteknologi, yaitu:

1. Melibatkan agen biologi (mikroorganisme, tumbuhan, hewan)
2. Menggunakan metode tertentu
3. Menghasilkan suatu produk baru atau termodifikasi
4. Melibatkan banyak disiplin ilmu



Pada dasarnya, bioteknologi adalah suatu proses yang melibatkan berbagai agen biologi yang berupa mikroorganisme atau disebut juga mikroba. Mikroba ini dibiakkan pada suatu substrat yang berisi berbagai kandungan makronutrien maupun mikronutrien yang dibutuhkan oleh mikroba sebagai media tumbuh. Mikroba yang dibiakkan akan menyintesis suatu bahan.

Bahan tersebut berupa produk maupun jasa yang dapat dimanfaatkan manusia. Produk maupun jasa yang dihasilkan sangat tergantung pada mikroba yang digunakan. Mikroba mempunyai sifat pertumbuhan yang spesifik. Suatu biakan mikroba dapat tumbuh dan berkembang dengan baik apabila substrat dan kondisi lingkungannya sesuai. Perubahan pada substrat maupun kondisi lingkungan menentukan produk maupun jasa yang dihasilkan.

Berdasarkan pengertian bioteknologi tersebut, maka bioteknologi adalah penggunaan biokimia, mikrobiologi dan rekayasa genetika secara terpadu untuk menghasilkan barang dan jasa untuk memenuhi kepentingan manusia. Biokimia mempelajari struktur kimiawi organisme. Adapun rekayasa genetika adalah aplikasi genetik dengan mentransplantasi gen dari satu organisme ke organisme lain.

B. Manfaat Bioteknologi

Seperti yang sudah Kita diketahui, bioteknologi adalah suatu rekayasa organisme dalam menghasilkan produk yang bersifat baru. Ada beberapa manfaat bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari, di antaranya :

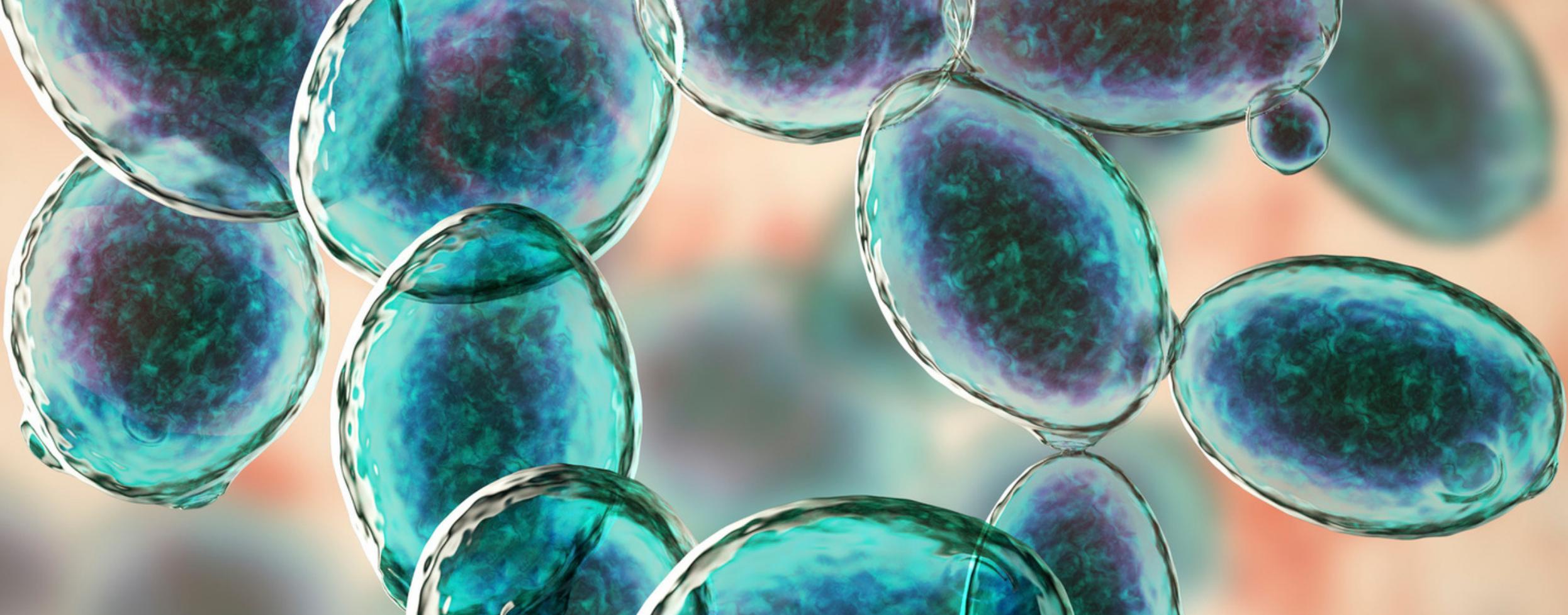
1. Meningkatkan hasil produksi dalam bidang pertanian dan peternakan khususnya yang berkaitan dengan kebutuhan pangan.
2. Meningkatkan jumlah spesies dari tumbuhan melalui penerapan teknik kultur jaringan.
3. Membuat pupuk yang terbuat dari bahan-bahan hayati dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk membantu proses penyerapan unsur hara.
5. Menghasilkan vaksin dengan memanfaatkan virus.
4. Menghasilkan antibiotik dengan memanfaatkan jamur melalui beberapa proses.



Bio Article

Scan kode QR di samping ini atau **klik disini** untuk menambah pengetahuan dengan membaca artikel mengenai **10 Manfaat Bioteknologi Bagi Kehidupan Manusia!**





SUB BAB II

BIOTEKNOLOGI KONVENTSIONAL DAN MODERN



Bio Fun Fact

Bioteknologi telah dilakukan sejak zaman prasejarah. Kira-kira 6000 tahun sebelum Masehi, penduduk Babylonia telah mengetahui bahwa Khamir (ragi) mampu menghasilkan bir. Kemudian sekitar 4000 tahun sebelum Masehi, penduduk Mesir telah membuat adonan roti yang mengembang menggunakan khamir (ragi).

A. Bioteknologi Konvensional

Bioteknologi konvensional atau tradisional adalah bioteknologi yang memanfaatkan organisme secara langsung untuk menghasilkan produk barang dan jasa yang bermanfaat bagi manusia melalui proses fermentasi. Bioteknologi konvensional biasanya dilakukan secara sederhana dan diproduksi dalam jumlah yang tidak besar. Fermentasi merupakan proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerob (tanpa oksigen). Seiring dengan perkembangan teknologi, definisi fermentasi meluas menjadi semua proses yang melibatkan mikroorganisme untuk menghasilkan suatu produk yang merupakan metabolit primer atau sekunder dalam suatu lingkungan yang dikendalikan.

Tahukah Anda bahwa aplikasi bioteknologi konvensional mencakup berbagai aspek kehidupan manusia di berbagai bidang, antara lain :

1. Bidang Pangan

Dalam menghasilkan produk pangan, proses pembuatannya dibantu oleh mikroorganisme atau mikroba melalui fermentasi, seperti pada proses pembuatan tempe, kecap, roti, yoghurt, keju, cuka dan lain sebagainya.

a. Tempe

Tempe merupakan makanan tradisional khas Indonesia yang sering dikonsumsi dan menjadi salah satu makanan favorit. Pada dasarnya, proses produksi tempe menggunakan teknik fermentasi. Fermentasi dilakukan dengan menumbuhkan jamur *Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus oligosporus* pada biji kedelai.



Gambar 1. *Rhizopus oryzae* dalam Pembuatan Tempe

Pada proses pertumbuhan, jamur akan menghasilkan benang-benang yang disebut dengan hifa. Benang-benang itu mengakibatkan biji-bijian kedelai saling terikat dan membentuk struktur yang kompak. Pada waktu pertumbuhan jamur, jamur juga akan membuat suatu enzim protease yang dapat menguraikan protein kompleks yang ada pada kedelai menjadi asam amino yang lebih mudah dicerna oleh tubuh kita.

b. Kecap

Seperti halnya tempe, bahan dasar dalam pembuatan kecap yaitu kacang kedelai. Pada tahap awal kedelai akan diperlakukan dengan menggunakan jamur *Aspergillus wentii*. Tahap selanjutnya kedelai yang sudah diperlakukan akan dikeringkan dan direndam di dalam larutan garam.



Gambar 2. *Aspergillus wentii* dalam Pembuatan Kecap

Pembuatan kecap dilakukan melalui proses perendaman kedelai dengan larutan garam, sehingga pembuatan kecap dinamakan fermentasi garam. Jamur *Aspergillus wentii* akan merombak protein menjadi asam-asam amino, komponen rasa, asam dan aroma yang khas.



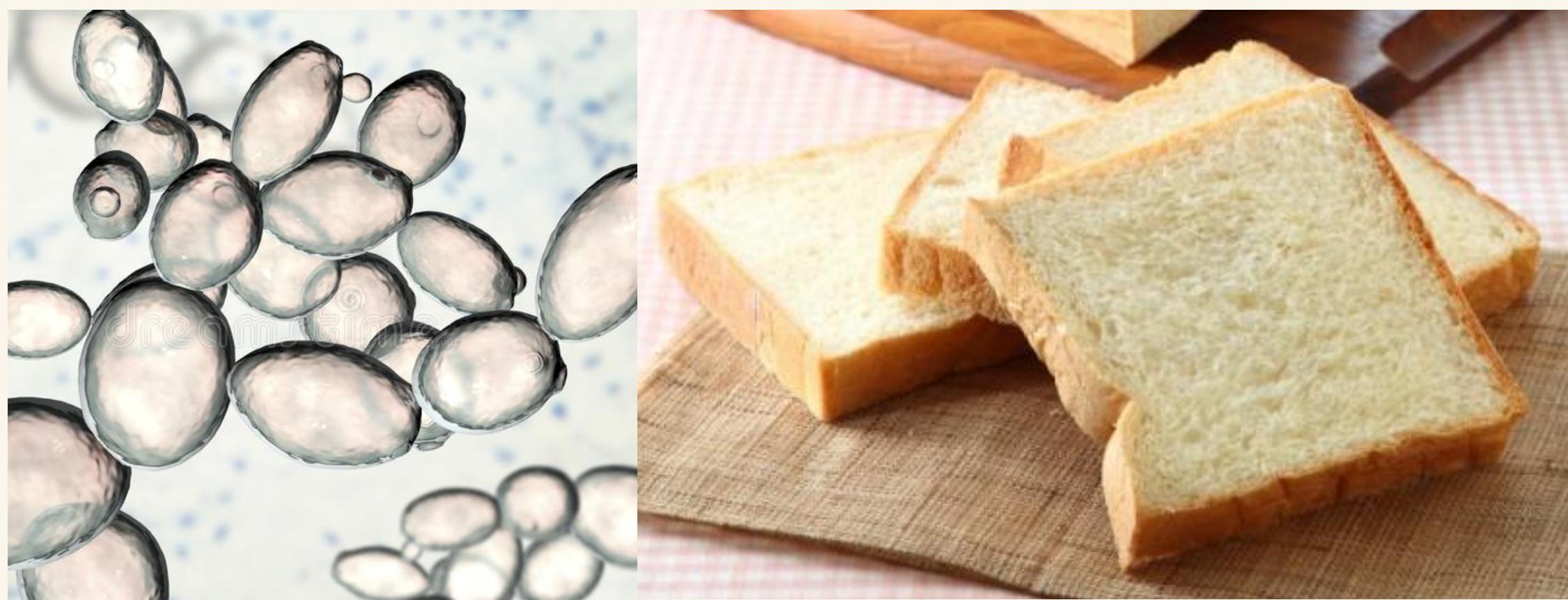
Bio Article

Scan kode QR di samping ini atau [klik disini](#) untuk menambah pengetahuan dengan membaca artikel mengenai **Cara Membuat Kecap Manis!**



c. Roti

Pembuatan roti pula memanfaatkan teknik fermentasi yang dibantu oleh khamir yaitu *Saccharomyces cerevisiae* yang merupakan sejenis jamur yang ditambah pada adonan tepung dan akan menimbulkan proses fermentasi. Proses ini akan menghasilkan gas karbondioksida dan alkohol.



Gambar 3. *Saccharomyces cerevisiae* dalam Pembuatan Roti

Gas karbondioksida berperan dalam mengembangkan roti, sedangkan alkohol akan berkontribusi dalam menghasilkan aroma dan memberi rasa pada roti. Adonan akan tampak lebih mengembang dan membesar pada saat adonan dimasukkan ke oven, karena gas akan mengembang pada suhu tinggi.

d. Yoghurt

Yoghurt merupakan minuman hasil fermentasi susu yang menggunakan bakteri *Streptococcus thermophilus* atau *Lactobacillus bulgaricus*. Bakteri ini akan mengubah laktosa pada susu menjadi asam laktat. Efek lain dari proses fermentasi adalah pecahnya protein pada susu yang menyebabkan susu menjadi kental. Hasil akhirnya susu akan terasa asam dan kental.



Gambar 4. *Lactobacillus bulgaricus* dalam Pembuatan Yoghurt

Bio Watch

Kepoin Pabrik Pembuatan Yoghurt Aneka Rasa | SI UNYIL (19/06/20)

PABRIK YOGHURT

Watch on YouTube

Copy link

Scan Me!

QR code

Video 1. Kepoin Pabrik Pembuatan Yoghurt Aneka Rasa

e. Keju

Keju merupakan bahan makanan yang dihasilkan dengan memisahkan zat-zat padat pada susu melalui proses pengentalan atau koagulasi. Proses pengentalan ini dilakukan dengan bantuan bakteri *Lactobacillus lactis*. Bakteri ini akan menghasilkan enzim renin, sehingga protein pada susu akan menggumpal dan membagi susu menjadi cair dan padatan (dadih).

Selanjutnya enzim renin akan mengubah gula laktosa dalam susu menjadi asam dan protein yang ada pada dadih. Dadih inilah yang akan diproses lebih lanjut melalui proses pematangan dan pengemasan sehingga terbentuk olahan makanan yang dikenal dengan keju.



Gambar 5. *Lactobacillus lactis* dalam Pembuatan Keju

f. Cuka

Vinegar atau cuka merupakan produk yang telah lama ada serta digunakan sebagai bahan pokok beberapa masakan. Bahan dasar pada proses pembuatan cuka adalah etanol yang dihasilkan oleh fermentasi anaerob oleh ragi. Ragi dalam karbohidrat memfermentasi gula makanan alami menjadi alkohol. Kemudian, dengan bantuan bakteri *Acetobacter aceti* akan mengubah alkohol menjadi asam asetat.



Gambar 6. *Acetobacter aceti* dalam Pembuatan Cuka

2. Bidang Pertanian

Pada bidang pertanian, bioteknologi memberi andil dalam usaha pemenuhan kebutuhan makanan. Bioteknologi konvensional dalam bidang pertanian antara lain yaitu :

a. Pembastaran

Pembastaran atau persilangan merupakan perkawinan antara dua individu tanaman yang berbeda varietas, tetapi masih dalam satu spesies. Pembastaran merupakan cara yang sederhana, murah, dan paling mudah untuk menghasilkan tanaman pangan varietas unggul.

Sebagai contoh, padi varietas X yang memiliki produksi gabah tinggi dan tidak cepat rebah dikawinkan dengan padi varietas Y yang memiliki sifat tahan hama dan umur panen pendek. Dari perkawinan ini, dapat dihasilkan padi varietas baru yang memiliki sifat perpaduan dari keduanya, yaitu produksi gabah tinggi, tahan hama, tidak cepat rebah, dan umur panen pendek.



Bio Watch



Video 2. Praktikum Teknik Persilangan Buatan Tanaman Padi

b. Hidroponik

Hidroponik merupakan teknik bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai media tanamnya. Termasuk juga bercocok tanam di dalam pot atau wadah lainnya yang menggunakan air atau bahan yang bersifat porus, seperti pecahan genting, pasir kali, batu, kerikil, spons, sabut kelapa, arang kayu, dan sebagainya. Contoh bioteknologi konvensional yang lain dalam bidang pertanian adalah penyeleksian tanaman jenis mustard alami oleh manusia yang menghasilkan tanaman, seperti brokoli, kubis, dan kembang kol.



Gambar 7. Hidroponik pada Tanaman Selada

3. Bidang Industri

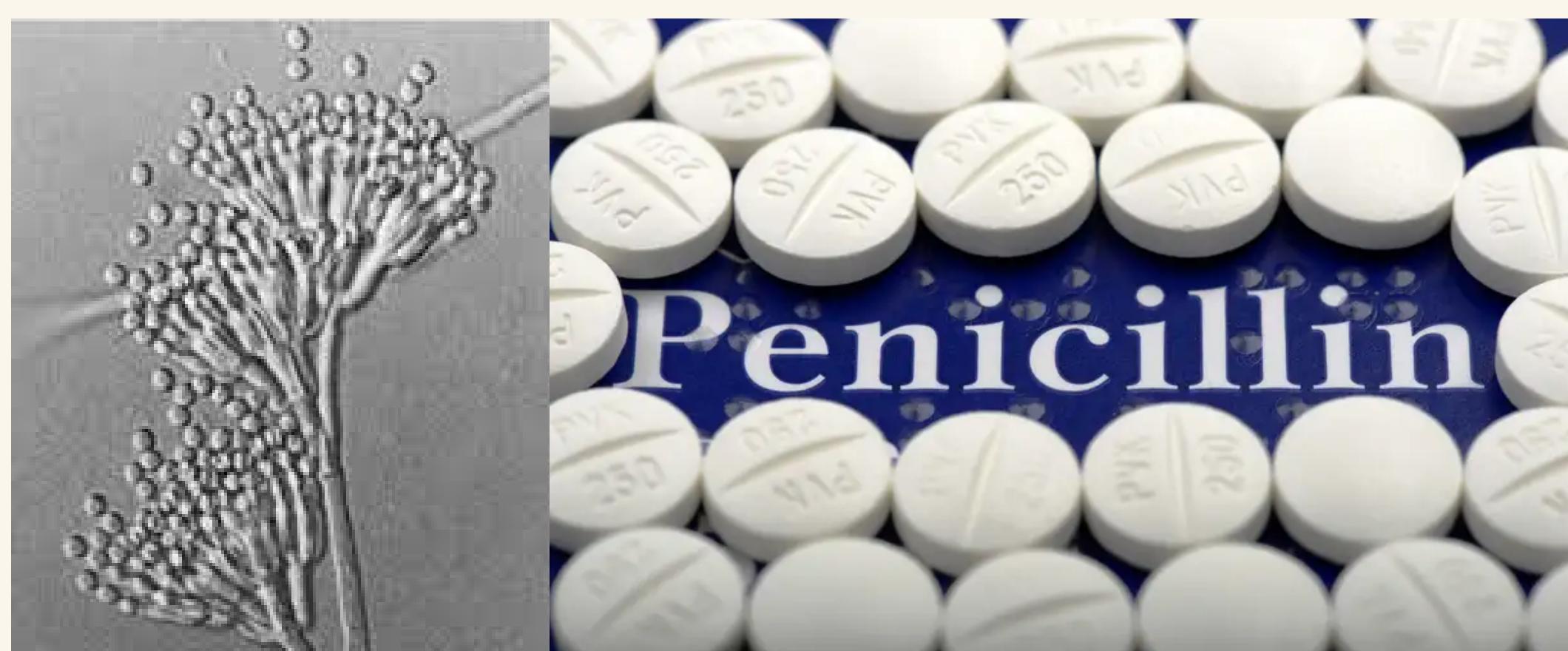
Penerapan bioteknologi konvensional di bidang industri di antaranya yaitu teknik bioremediasi. Bioremediasi merupakan suatu proses pengelolaan limbah yang mengandung zat-zat yang berbahaya (logam berat) menjadi limbah yang kurang berbahaya. Bioremediasi ini juga melibatkan mikroba tertentu, yaitu *Pseudomonas foetida*. Caranya dengan melepaskan langsung bakteri tersebut ke limbah pabrik yang tercemar.



Gambar 8. *Pseudomonas foetida* dalam Proses Bioremediasi

4. Bidang Kesehatan

Bioteknologi terlibat pula di bidang kesehatan, misalnya antibiotik penisilin yang terbuat dari mikroorganisme *Penicillium chrysogenum*. Antibiotik sebagai obat dalam melawan bakteri yang bekerja dengan dua cara, yaitu membunuh atau menghentikan pertumbuhan bakteri. Selain itu, terdapat vaksin yang merupakan mikroorganisme yang toksinya telah dimatikan dan bermanfaat untuk meningkatkan imunitas atau sistem pertahanan tubuh seseorang.



Gambar 9. *Penicillium chrysogenum* dalam Pembuatan Antibiotik Penicillin

5. Bidang Perternakan

Bioteknologi konvensional di bidang peternakan meliputi sapi Jersey yang diseleksi oleh manusia agar menghasilkan susu dengan kandungan krim lebih banyak dan kandungan lemak, protein, dan mineral pada susu cukup tinggi.



Gambar 10. Sapi Jersey sebagai Pemghasil Susu Creamy



Bio Article

Scan kode QR di samping ini atau [klik disini](#) untuk menambah pengetahuan dengan membaca artikel mengenai **Sapi Jersey, Penghasil Susu Creamy Bernutrisi!**



B. Bioteknologi Modern

Perlu Anda ketahui bahwa bioteknologi modern sudah mulai berkembang setelah adanya penemuan struktur DNA pada tahun 1950. Dalam bioteknologi modern, orang berupaya untuk dapat menghasilkan produk dalam jumlah besar secara efektif dan efisien, dengan menggunakan peralatan yang canggih. Bioteknologi modern berkaitan erat dengan rekayasa genetika, yakni kegiatan manipulasi gen untuk mendapatkan produk baru dengan cara membuat DNA baru. Manipulasi materi genetik dilakukan dengan cara menambah atau menghilangkan gen tertentu.

Melalui teknik rekayasa genetik, para ahli di bidang bioteknologi dapat menyusun pola gen sedemikian rupa sehingga menghasilkan organisme yang sifat-sifatnya sesuai dengan kebutuhan. Teknik ini dikenal juga dengan istilah DNA rekombinan, yaitu proses mengkombinasikan DNA suatu organisme ke organisme lain. Organisme yang menggunakan bagian gen organisme lain di dalam tubuhnya dikenal dengan istilah organisme transgenik.

Bioteknologi modern merupakan bioteknologi yang didasarkan pada manipulasi atau rekayasa DNA yang dilakukan dengan memodifikasi gen-gen spesifik dan memindahkannya pada organisme yang berbeda seperti bakteri, tumbuhan, dan hewan. Adapun macam-macam bioteknologi modern antara lain yaitu :

1. Teknik Kultur Jaringan

Kultur jaringan adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengisolasi bagian dari tanaman seperti sekelompok sel atau jaringan yang ditumbuhkan dalam kondisi aseptik, sehingga bagian tanaman tersebut bisa dapat memperbanyak diri hingga tumbuh menjadi tanaman-tanaman yang baru kembali dengan sifat yang sama. Sel tumbuhan memiliki sifat totipotensi, yaitu kemampuan untuk membentuk tubuh secara lengkap dengan akar, batang, dan daun.



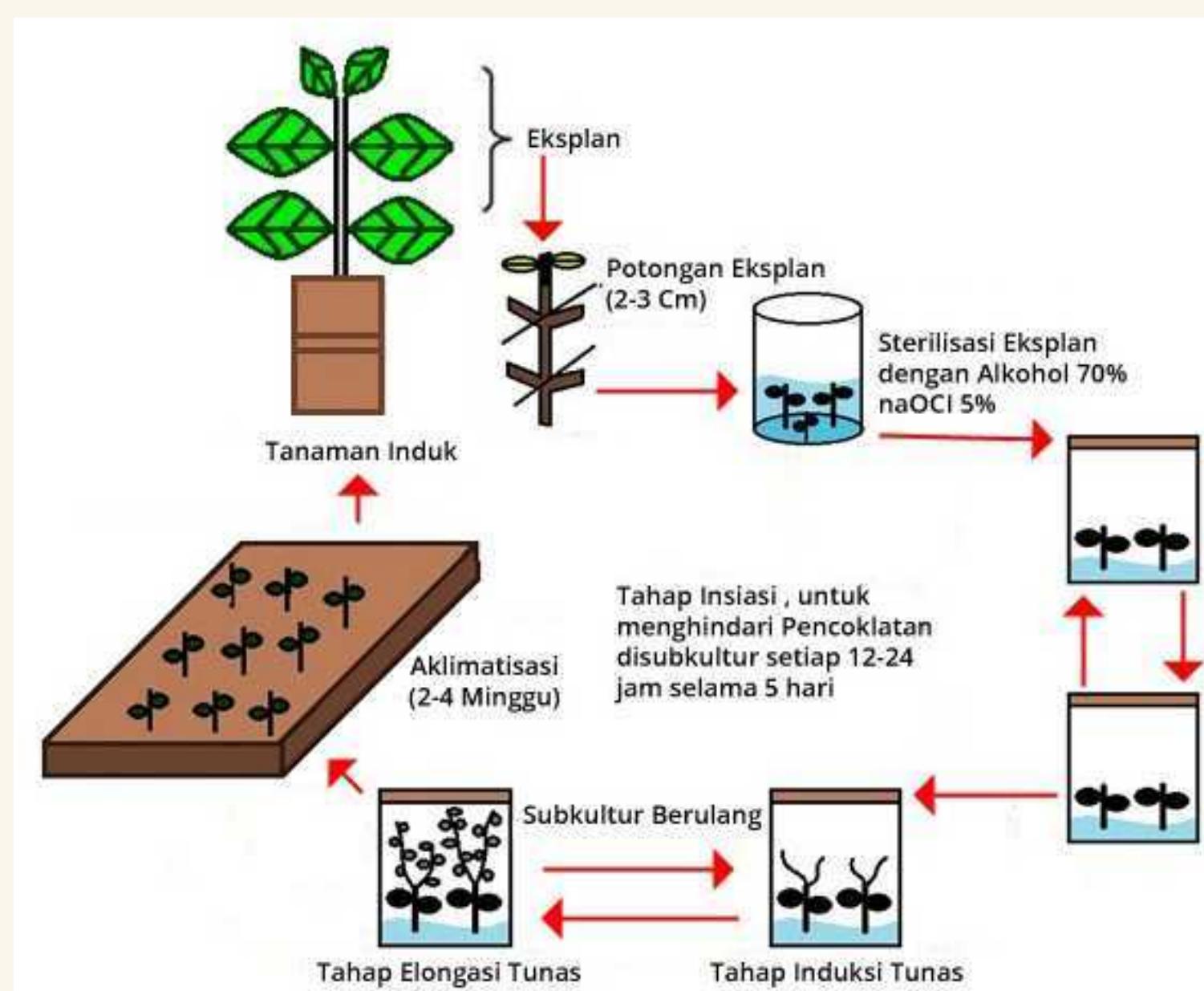
Bio Fun Fact

Totipotensi pertama kali dikenalkan oleh G. Haberlandt seorang ahli fisiologi Jerman. Selanjutnya, diperkuat oleh F.C. Steward yang berhasil membuktikan totipotensi dari satu sel wortel yang dikultur pada medium tertentu, kemudian menghasilkan tanaman wortel yang utuh dan lengkap.



G. Haberlandt

Totipotensi dikembangkan dan dijadikan sebagai dasar dalam mengembangkan tumbuhan secara *in vitro* atau kultur jaringan, yaitu mengembangbiakkan tumbuhan secara vegetatif dengan menggunakan sebagian jaringan pada media tertentu. Media yang dimaksudkan adalah media yang harus mengandung semua kebutuhan yang diperlukan seperti unsur makro, mikro, sumber karbohidrat, zat pengatur tumbuh, vitamin, dan bahan organik lainnya.



Gambar 11. Skema Teknik Kultur Jaringan

Beberapa keuntungan dari penerapan teknik kultur jaringan sebagai berikut :

1. Propagasi klonal, yaitu didapatkannya turunan secara genetik yang identik dengan induknya atau seragam dalam jumlah yang besar.
2. Dapat dipergunakan sebagai pemuliaan tanaman, seperti seleksi, kultur anthera atau polen, kultur protoplas dan fusi protoplas.
3. Dapat diperoleh tumbuhan yang bebas dari virus, karena menggunakan eksplan yang benar-benar bebas virus.
4. Dapat dipergunakan untuk pelestarian plasma nutfah.



Gambar 12. Kultur Jaringan pada Tanaman

2. Rekayasa Genetika

Bioteknologi modern melekat dengan istilah rekayasa genetika, yaitu salah satu teknik bioteknologi yang dilakukan dengan cara pemindahan gen dari satu organisme ke organisme lainnya atau dikenal juga dengan istilah transgenik. Keberhasilan Watson dan Crick menemukan model DNA dan pemecahan masalah sandi genetik oleh Nirenberg dan Mather membuka jalan bagi penelitian-penelitian selanjutnya di bidang rekayasa genetika.

Sandi-sandi genetik pada gen (DNA) digunakan untuk penentuan urutan asam-asam amino pembentuk protein. Pengetahuan ini memungkinkan manipulasi sifat suatu organisme atau manipulasi genetik untuk menghasilkan organisme dengan sifat yang diinginkan. Manipulasi atau perakitan materi genetik dengan menggabungkan dua DNA dari sumber yang berbeda akan menghasilkan DNA rekombinan.

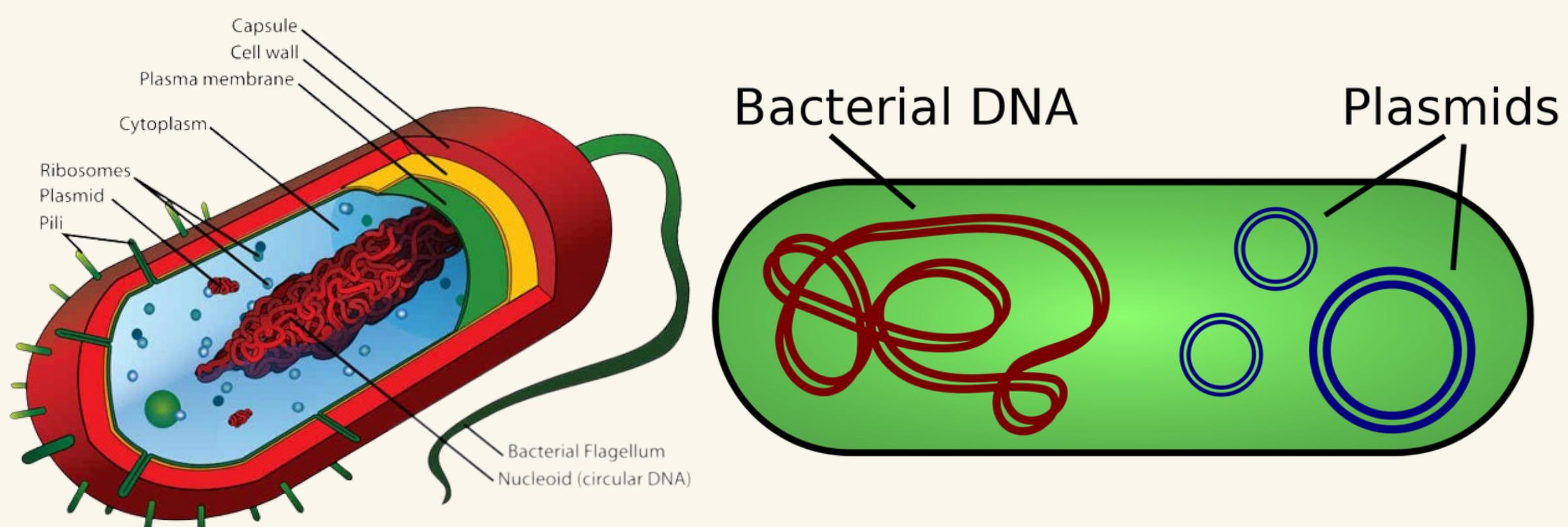
Rekayasa genetika diartikan pula sebagai usaha untuk mengubah atau memanipulasi bahan/materi genetik suatu organisme secara *in vitro* melalui penambahan, penggantian, pengurangan atau modifikasi gen sehingga diperoleh ciri-ciri dengan kemampuan baru. Penambahan gen dilakukan dengan teknologi rekombinan DNA.

Penggunaan DNA dalam rekayasa genetika berperan untuk menggabungkan sifat suatu organisme. Selain itu, DNA mengatur sifat-sifat organisme yang dapat diturunkan, di mana seluruh makhluk hidup mempunyai struktur DNA yang sama. Ada beberapa cara untuk mendapatkan DNA rekombinan melalui rekayasa genetika, di antaranya yaitu teknologi plasmid, fusi sel (teknologi hibridoma), dan transfer inti (kloning).

a. Teknologi Plasmid

Molekul DNA berbentuk sirkuler yang terdapat dalam sel bakteri disebut plasmid. Plasmid merupakan molekul DNA nonkromosom yang dapat berpindah dari bakteri satu ke bakteri yang lain dan mempunyai sifat sama dengan induk pada keturunannya.

Selain itu, plasmid pula memiliki kemampuan memperbanyak diri melalui proses replikasi sehingga dapat terjadi pengklonan DNA yang menghasilkan plasmid dalam jumlah banyak. Karena sifat-sifat plasmid yang menguntungkan, maka plasmid digunakan sebagai vektor atau pembawa gen untuk memasukkan gen ke dalam sel target.



Gambar 13. Plasmid pada Sel Bakteri

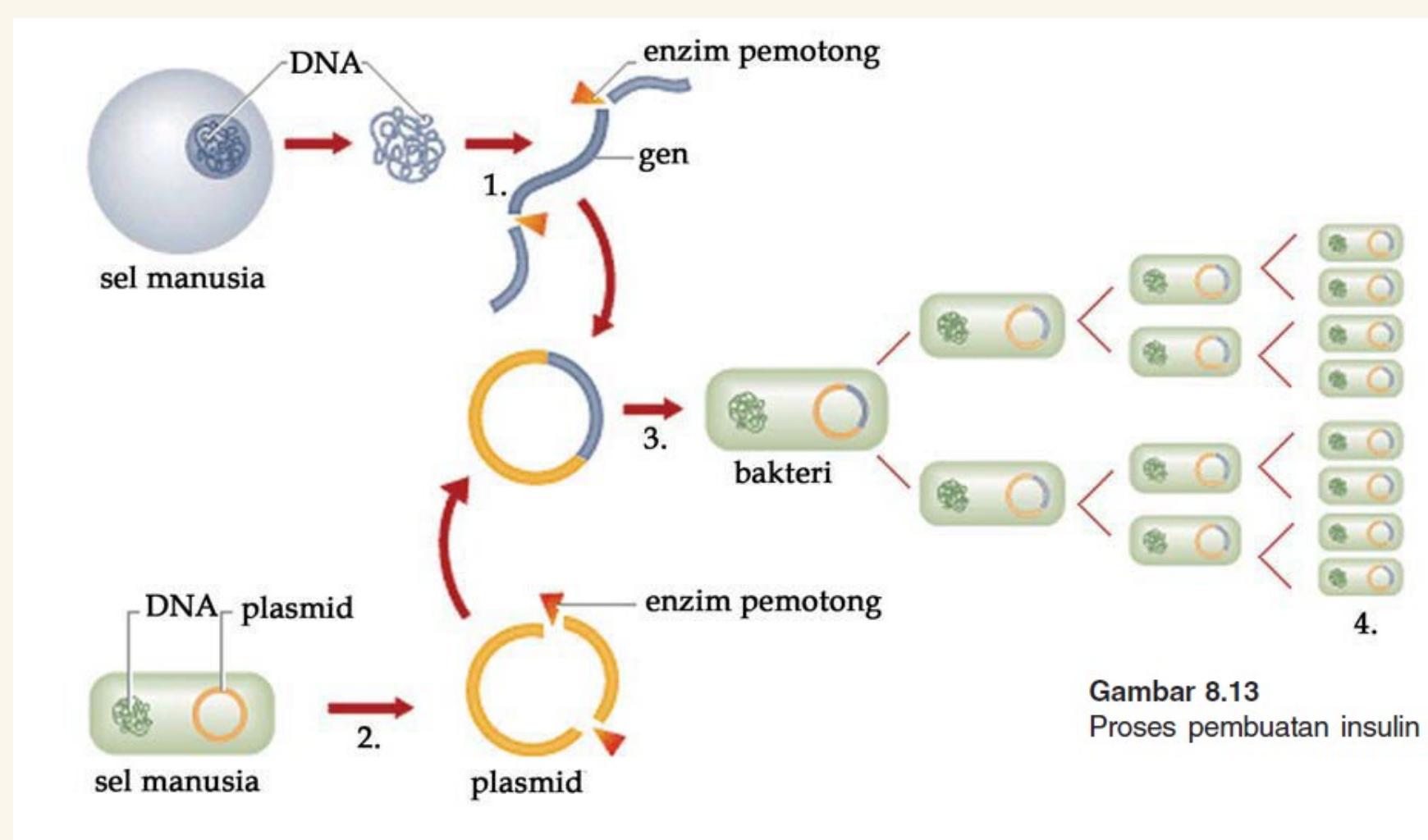


Bio Fun Fact

Aplikasi penggunaan teknologi plasmid yang telah dikembangkan manusia adalah produksi insulin. Insulin dibuat di dalam tubuh manusia dengan dikontrol oleh gen insulin yang diambil dari sel langerhans (sel-sel imunitas yang ada di seluruh bagian epidermis kulit), lalu disambungkan ke dalam plasmid bakteri. Untuk menghubungkan gen insulin dengan plasmid diperlukan rekombinasi genetik. Dalam rekombinasi DNA dilakukan pemotongan dan penyambungan DNA.



Hormon insulin sebagai penerapan bioteknologi modern di bidang kesehatan memiliki ahapan sebagai berikut :



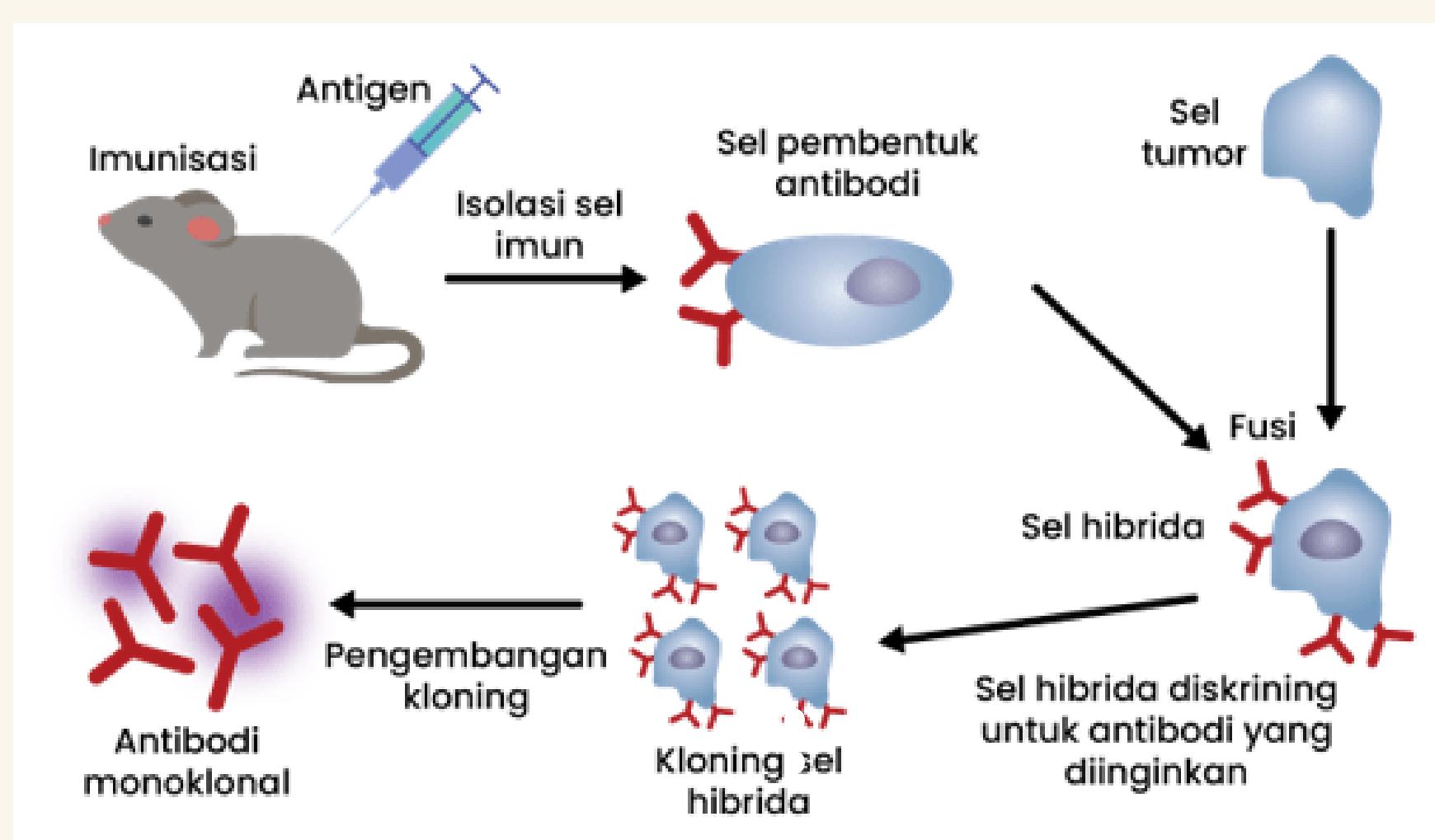
Gambar 14. Proses Pembuatan Insulin

b. Fusi Protoplasma

Fusi protoplasma atau disebut juga teknik hibridoma merupakan penggabungan dua sel dari jaringan yang sama atau dua sel dari organisme yang berbeda dalam suatu medan listrik. Hal ini akan mengakibatkan kedua sel akan tertarik satu sama lain dan akhirnya mengalami fusi (melebur). Prinsip ini dapat dilakukan pada sel tumbuhan maupun sel hewan.

Fusi protoplasma pada tumbuhan dilakukan melalui serangkaian tahap, antara lain sebagai berikut :

1. Menyiapkan protoplasma, biasanya diambil dari sel-sel yang masih muda karena mempunyai dinding sel tipis serta protoplasma banyak dan utuh.
2. Menghilangkan dinding sel tumbuhan dan mengisolasi protoplasmanya, dinding sel dihancurkan terlebih dahulu dengan menggunakan enzim kemudian dilakukan penyaringan dan sentrifugasi berkali-kali.
3. Menguji viabilitas (aktivitas hidup) protoplasma yang diperoleh, yaitu dengan cara melihat aktivitas organel.
4. Melakukan fusi protoplasma dalam suatu medan listrik.
5. Menyeleksi hasil fusi protoplasma.
6. Membriakkan hasil fusi protoplasma yang dikehendaki.

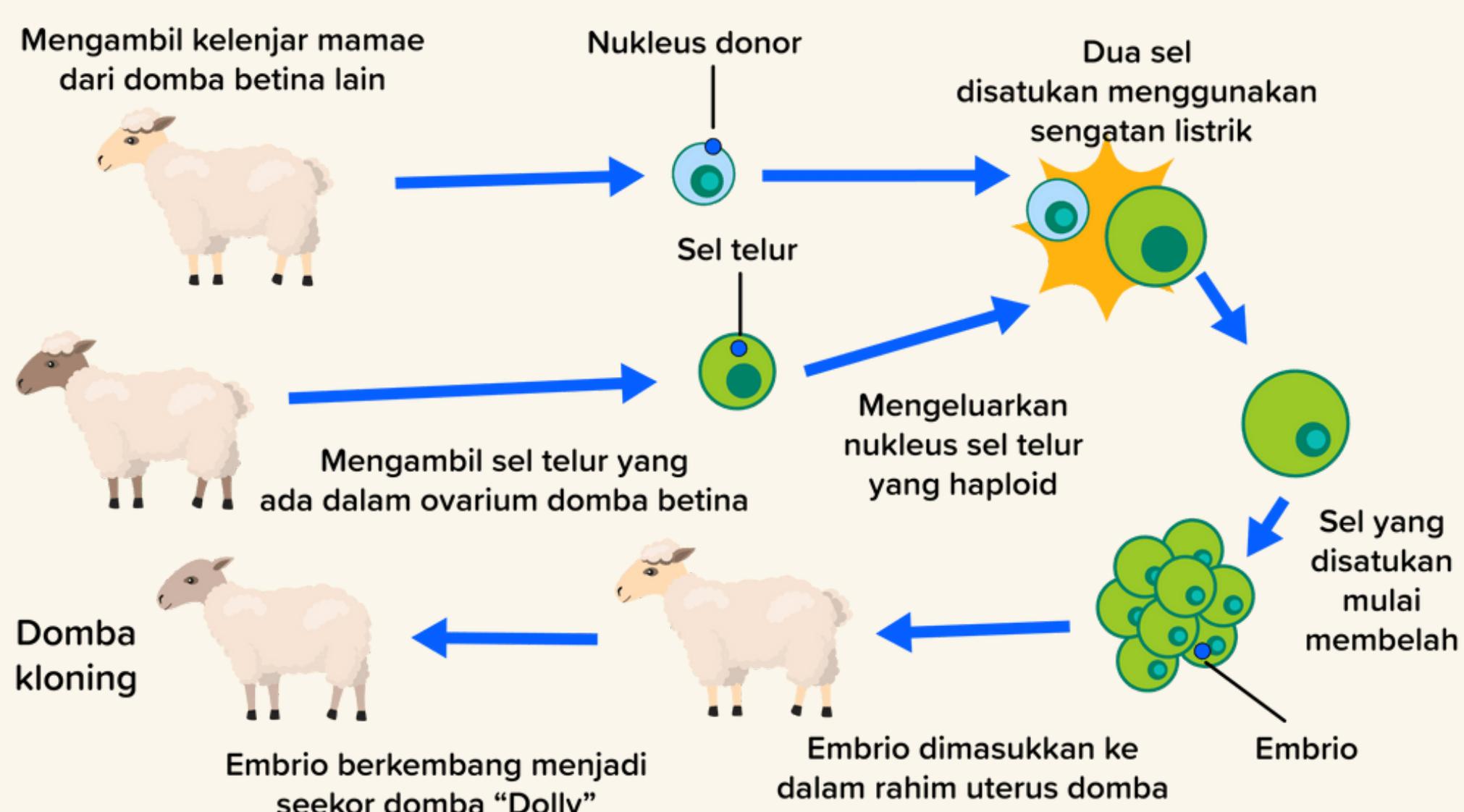


Gambar 15. Proses Pembuatan Antibodi Monoklonal

Fusi protoplasma pada sel hewan dan manusia sangat berguna terutama untuk menghasilkan hibridoma. Hibridoma merupakan hasil fusi yang terjadi antara sel pembentuk antibodi (sel limfosit B) dan sel myeloma (sel kanker). Sel hibridoma yang dihasilkan dapat membelah secara tidak terbatas seperti sel kanker, tetapi juga menghasilkan antibodi seperti sel-sel limfosit B. Hibridoma yang dihasilkan harus diseleksi terlebih dahulu untuk selanjutnya digunakan seperti antibodi monoklonal.

c. Kloning

Kloning (pencangkokan nukleus) atau transfer inti merupakan metode yang digunakan untuk menghasilkan individu yang secara genetik sama dengan induknya. Proses kloning dilakukan dengan cara memasukkan inti sel donor ke sel telur yang telah dihilangkan inti selnya. Selanjutnya, sel telur tersebut diberi kejutan listrik atau zat kimia untuk memacu pembelahan sel. Ketika klon embrio telah mencapai tahap yang sesuai, embrio dimasukkan ke rahim hewan betina lainnya yang sejenis. Hewan tersebut selanjutnya akan mengandung embrio yang ditanam dan melahirkan anak hasil kloning.



Gambar 16. Proses Kloning Domba Dolly

Keberhasilan kloning terjadi pada domba Dolly. Inti sel tubuh yang diambil dari jaringan kelenjar susu domba bermuka putih, sedangkan ovumnya diambilkan dari domba betina yang bermuka hitam yang intinya telah dirusak sehingga menjadi ovum tak berinti. Selanjutnya, inti sel tubuh domba muka putih dimasukkan ke dalam ovum domba muka hitam dan dipelihara sampai mencapai tahap blastula, kemudian dimasukkan ke dalam uterus domba bermuka hitam, dan hasilnya akan lahirlah domba Dolly.



Bio Watch



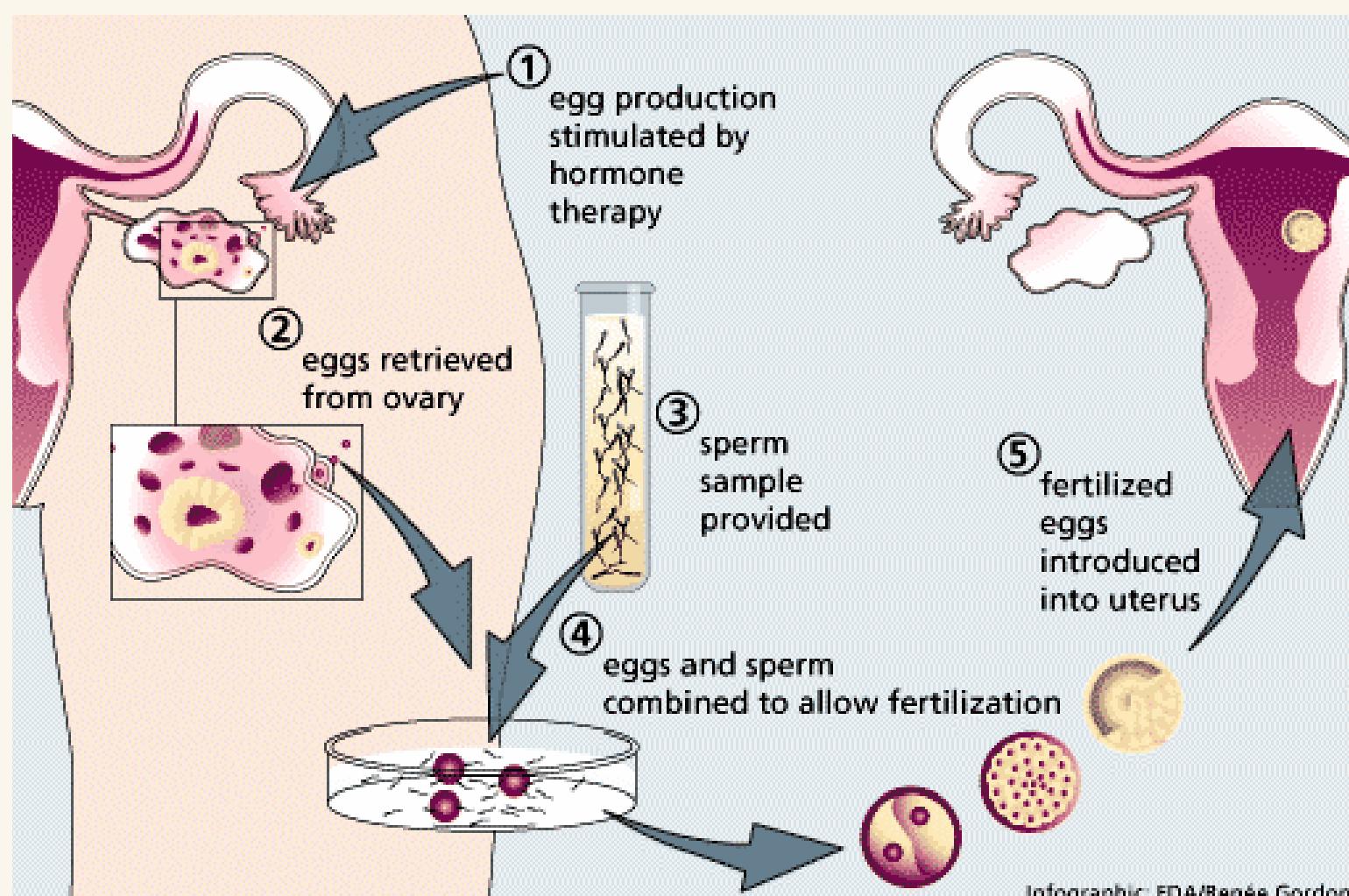
Scan
Me!



Video 3. Domba Dolly Hasil Kloning

3. Bayi Tabung

Bayi tabung merupakan teknik pembuahan yang secara sengaja dilakukan di luar tubuh manusia atau disebut fertilisasi in-vitro. Teknik ini prosesnya hampir sama dengan fertilisasi secara eksternal, masih ingatkah Anda dengan sistem ini? Pada mulanya sel-sel telur yang mutunya baik dari Ibu diseleksi, demikian juga sperma dari Ayah.



Gambar 17. Proses Bayi Tabung

Kemudian dipertemukan dalam cawan petri yang sudah diberi nutrien yang keadaan lingkungannya disesuaikan dalam rahim, kemudian sperma akan membuahi sel telur dan terbentuk zigot. Setelah berumur 2-5 hari embrio ditanam di dalam rahim kemudian tumbuh dan akan lahir.



Bio Watch



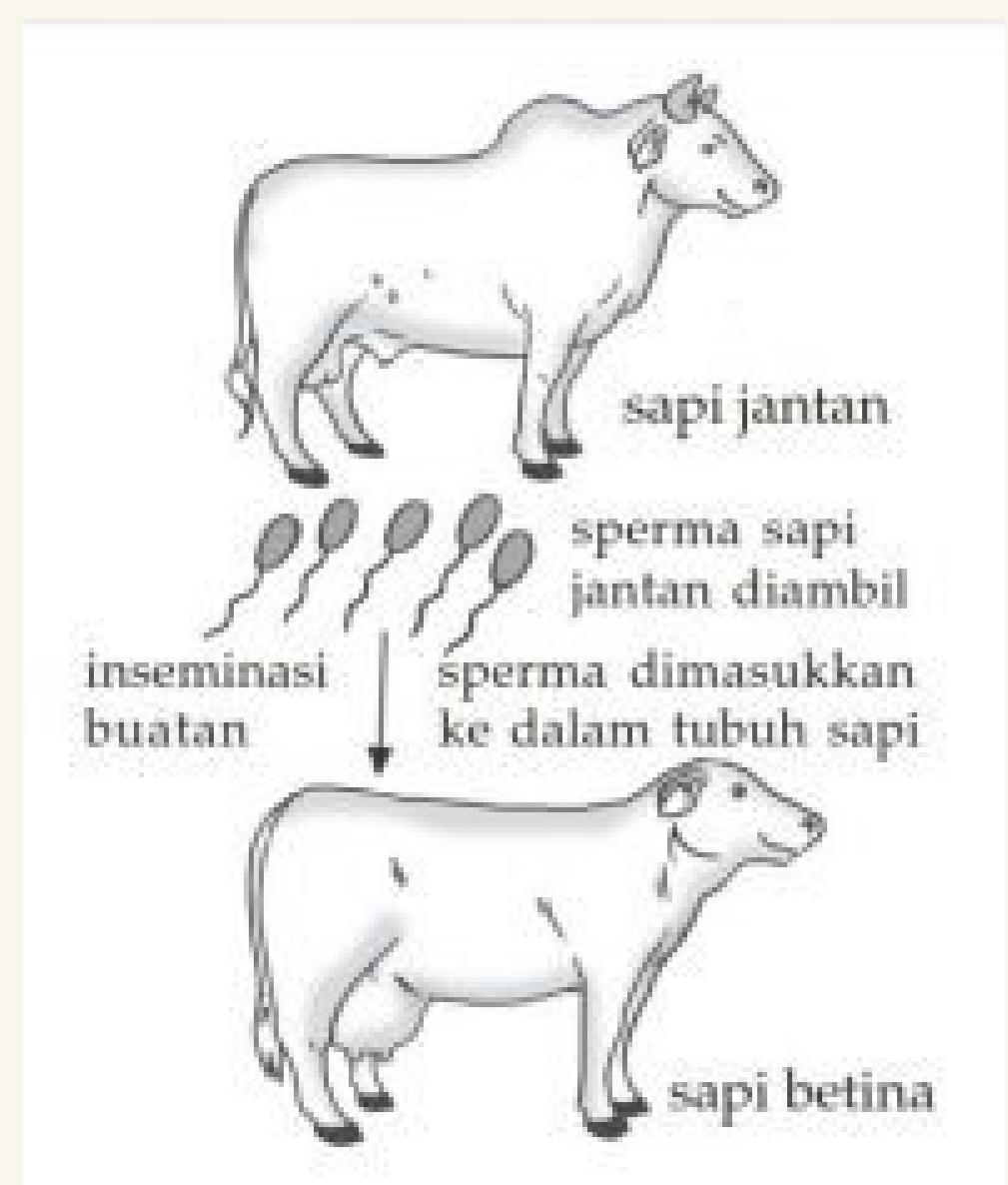
Scan
Me!



Video 4. Yuk Mengenal Program Bayi Tabung

4. Inseminasi Buatan

Inseminasi buatan merupakan suatu proses memasukkan semen beku (spermatozoa) yang telah dicairkan yang berasal dari ternak jantan unggul ke dalam saluran reproduksi betina, sehingga mampu meningkatkan mutu genetik hewan ternak dalam waktu singkat dan menghasilkan anak-anak berkualitas dalam jumlah banyak. Di mana keturunan yang dihasilkan memiliki perpaduan sifat-sifat dari induknya yang lebih baik.



Gambar 18. Proses
Inseminasi Buatan

Hal yang harus diperhatikan dalam menggunakan teknik inseminasi buatan yaitu mengetahui masa kawin hewan. Pada saat sapi jantan akan mengawini sapi betina, terlebih dahulu spermanya ditampung, kemudian dimasukkan ke dalam alat inseminasi buatan untuk disuntikkan ke dalam alat kelamin betina yang akan dikawinkan.

5. Hibridisasi

Hibridisasi merupakan penggabungan atau perkawinan silang antara dua varietas unggul untuk menciptakan anakan yang lebih unggul. Bibit yang akan disilangkan adalah bibit yang mempunyai sifat-sifat paling baik pada tanaman sejenis. Misalnya, antara padi A (sifat berumur pendek, berbutir sedikit) disilangkan dengan padi B (sifat berumur panjang, berbulir banyak), maka akan menghasilkan padi jenis C dengan salah satu sifat sebagai berikut :

1. Berumur pendek dan berbulir banyak
2. Berumur panjang dan berbulir sedikit
3. Berumur pendek dan berbulir sedikit
4. Berumur panjang dan berbulir banyak

Di antara ke-4 sifat tersebut, sifat yang paling unggul adalah berumur pendek dan berbulir banyak, maka tanaman inilah yang akan dijadikan sebagai bibit unggul. Sementara aplikasi hibridisasi pada hewan yaitu dengan mengawinkan domba jantan etawa dengan jenis domba unggul lain untuk menghasilkan keturunan yang lebih unggul dari induknya.



Gambar 19. Domba Etawa

C. Kelebihan dan Kekurangan

1. Bioteknologi Konvensional

Kelebihan :

- a. Biaya yang dibutuhkan untuk produksi terbilang murah.
- b. Teknologi yang digunakan masih menggunakan peralatan sederhana yang mudah ditemui.
- c. Pengaruh jangka panjang sudah dapat diketahui.

Kekurangan :

- a. Tidak dapat mengatasi ketidaksesuaian genetik, sehingga perbaikan genetik tidak terarah.
- b. Memerlukan waktu relatif lama dalam proses produksinya, sehingga proses produksi hanya dalam skala kecil.
- c. Belum terdapat pengkajian terkait prinsip-prinsip ilmiah.
- d. Hasil yang didapatkan tidak dapat diperkirakan sebelumnya, sehingga kualitas hasil belum terjamin.
- e. Proses produksi relatif belum steril.

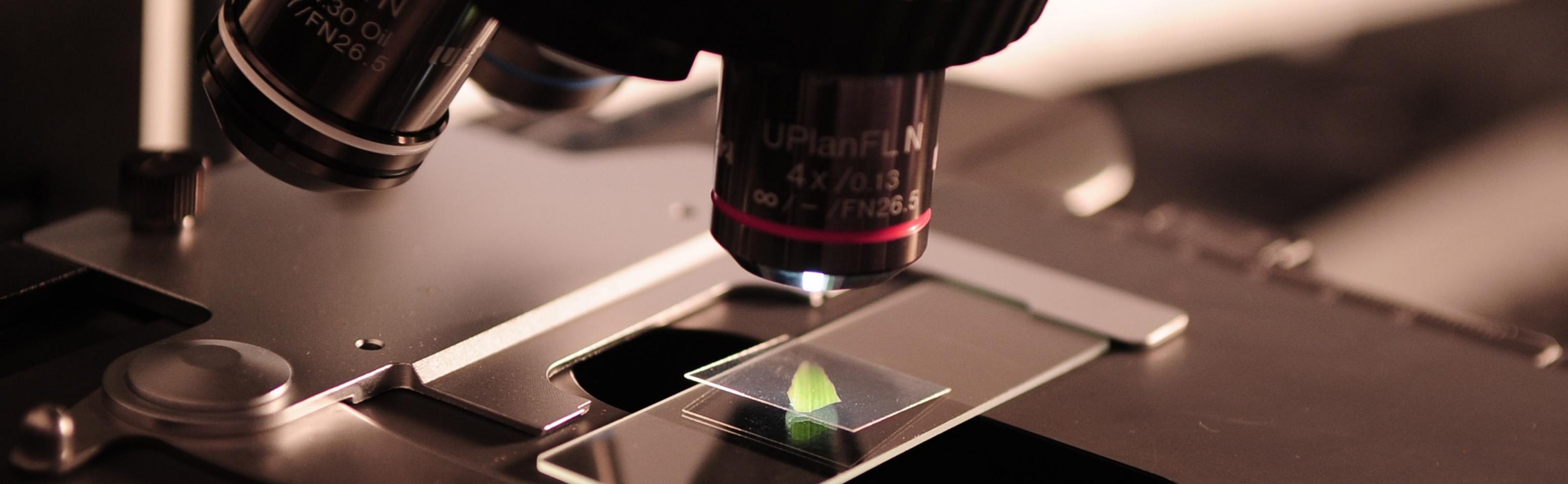
2. Bioteknologi Modern

Kelebihan :

- a. Dapat mengatasi ketidaksesuaian genetik, sehingga perbaikan genetik dapat dilakukan secara terarah.
- b. Memerlukan waktu relatif cepat dalam proses produksinya, sehingga proses produksi yang dilakukan dalam skala besar.
- c. Sudah terdapat pengkajian terkait prinsip-prinsip ilmiah.
- d. Hasil dapat diperhitungkan, yaitu menghasilkan individu yang memiliki sifat baru (termodifikasi)
- e. Proses produksi sudah steril

Kekurangan :

- a. Biaya yang dibutuhkan untuk produksi relatif mahal.
- b. Memerlukan teknologi yang canggih.
- c. Pengaruh jangka panjang sudah belum dapat diketahui.
- d. Menjadikan jenis tanaman monokultur.



SUB BAB III

PENERAPAN BIOTEKNOLOGI PADA BERBAGAI BIDANG

Penerapan bioteknologi begitu luas dan telah dilakukan selama beratus-ratus tahun mulai dari taraf konvensional yang sederhana sampai modern. Apa saja aplikasi bioteknologi tersebut? Mari kita pelajari dalam uraian berikut.



Bio Fun Fact

Bioteknologi konvensional (sederhana) sudah dikenal oleh manusia sejak ribuan tahun yang lalu. 8000 SM pengumpulan benih untuk ditanam kembali. Bukti bahwa bangsa Babilonia, Mesir, dan Romawi melakukan praktik pengembangbiakan selektif (seleksi artifisial) untuk meningkatkan kualitas ternak.

A. Bidang Pangan

Penerapan bioteknologi dalam memproduksi makanan dan minuman merupakan aplikasi bioteknologi tertua. Aplikasi ini banyak dijumpai pada bioteknologi konvensional melalui proses fermentasi. Pada saat ini, kita akan mempelajari bioteknologi pangan yang lebih modern, yaitu protein sel tunggal (PST atau Protein Sel Tunggal) dan mikoprotein.

1. Pemanfaatan Mikroorganisme dalam proses Fermentasi

Aplikasi bioteknologi konvensional di bidang pangan melalui proses fermentasi dapat dilihat dari tabel berikut.

Tabel 1. Produk Fermentasi

No.	Produk	Bahan Baku	Mikroorganisme yang Berperan
1.	Tempe	Kedelai	<i>Rhizopus oryzae</i> dan <i>Rhizopus oligosporus</i>
2.	Kecap	Kedelai	<i>Aspergillus wentii</i>
3.	Tauco	Kedelai	<i>Aspergillus oryzae</i>
4.	Yoghurt	Susu	<i>Streptococcus thermophilus</i>
5.	Keju	Susu	<i>Lactobacillus lactis</i>
6.	Nata de coco	Air kelapa	<i>Acetobacter xylinum</i>
7.	Oncom	Ampas tahu	<i>Neurospora sitophila</i>
8.	Tape	Singkong	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
9.	Roti	Tepung terigu	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
10.	Cuka	Etanol	<i>Acetobacter aceti</i>

2. Pemanfaatan Mikroorganisme sebagai Bahan Makanan

a. Protein Sel Tunggal (PST)

Protein Sel Tunggal (PST) adalah salah satu istilah untuk menyebutkan protein yang berasal dari organisme uniseluler dan multiseluler yang strukturnya sederhana. Protein sel tunggal dapat dibuat dari bakteri, ganggang maupun jamur.

Mikroorganisme penghasil protein sel tunggal mempunyai beberapa keunggulan yaitu :

1. Mikroorganisme penghasil protein sel tunggal mempunyai beberapa keunggulan yaitu :
2. Mempunyai kemampuan berkembangbiak relatif cepat dan mudah.
3. Mempunyai kandungan protein yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumber protein yang lain. (tumbuhan ata hewani).
4. Dapat menggunakan substrat limbah sebagai medium tumbuh mikroorganisme.



Gambar 20. *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida utilis*

Mikroorganisme atau mikroba yang dapat digunakan untuk membuat Protein Sel Tunggal (PST) yaitu *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida utilis*. Protein yang dihasilkan oleh kedua mikrobia ini mengandung asam nukleat yang tinggi, sehingga tidak cocok dikonsumsi oleh manusia.

Oleh karena itu, protein sel tunggal yang dihasilkan dari kedua mikroba tersebut hanya digunakan sebagai suplemen makanan ternak. Sementara mikroba lain yang digunakan sebagai sumber protein sel tunggal yaitu *Spirulina* sp. dan *Chlorella* sp.



Gambar 21. *Spirulina* sp. dalam Pembuatan Suplemen

b. Mikoprotein

Mikoprotein adalah bahan makanan kaya protein, kaya serat dan rendah kolesterol yang terbuat dari miselium jamur *Fusarium venenatum* yang ditumbuhkan pada substrat yang mengandung glukosa dan zat hara lain. Pada proses pertumbuhannya, *Fusarium venenatum* membutuhkan gas amonia serta garam amonia sebagai sumber nitrogen.



Gambar 22. *Fusarium venenatum*
sebagai Sumber Mikoprotein

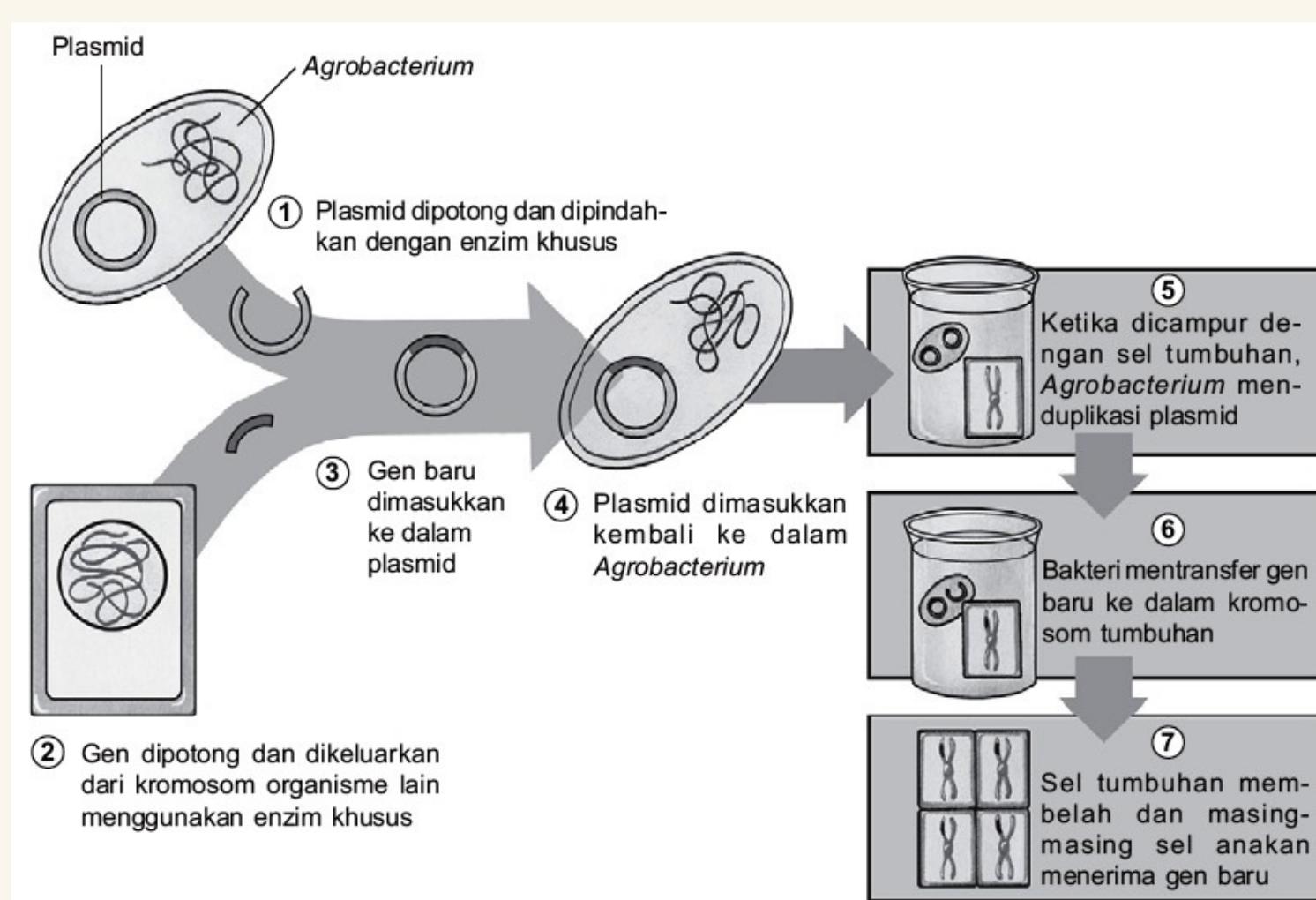


Bio Fun Fact

Selain mempunyai nilai konversi protein tinggi, mikoprotein juga mempunyai nilai gizi yang tinggi, Pengujian dan penelitian terhadap nilai gizi serta keamanan bagi konsumennya telah banyak dilakukan. Dapat diketahui bahwa mikoprotein mengandung 47% protein, 14% lemak, 25% serat untuk diet, 10% karbohidrat, 1% RNA, dan 3% abu.

B. Bidang Pertanian dan Peternakan

Indonesia merupakan negara agraris yang menitikberatkan pembangunan pada sektor pertanian. Namun, hingga kini kebutuhan akan hal beras lebih tinggi dibandingkan dengan produksi nasional sehingga Indonesia perlu mengimpor beras. Kondisi ini berbeda dengan negara-negara industri yang sudah maju dengan penerapan bioteknologi modern dalam mengelola pertaniannya untuk mendapatkan bibit unggul.



Gambar 23. *Agrobacterium tumefaciens* sebagai Vector

Bioteknologi dalam bidang pertanian dan peternakan modern memanfaatkan teknologi DNA rekombinan. Proses DNA rekombinan pada tumbuhan menggunakan vector *Agrobacterium tumefaciens* yang mempunyai plasmid Ti (Tumor inducing). Sel-sel yang dihasilkan kemudian ditumbuhkan dengan metode kultur jaringan sehingga menghasilkan tunas.

Penerapan teknologi DNA rekombinan dengan menggunakan vector mikroorganisme telah menghasilkan bibit unggul yang disebut dengan hewan maupun tumbuhan transgenik. Hewan maupun tumbuhan yang dihasilkan melalui proses ini mempunyai karakteristik yang tidak ditemukan di alam. Beberapa contoh penerapan bioteknologi dalam bidang pertanian dan peternakan, antara lain yaitu :

1. Padi Transgenik

Teknologi DNA rekombinan dapat dimanfaatkan untuk memperoleh tanaman padi transgenik. Salah satunya yaitu padi rojolele trangentik yang mampu mengekspresikan laktoferin dan tanaman padi yang tahan terhadap cuaca dingin. Untuk mendapatkan tanaman padi yang tahan terhadap cuaca dingin caranya dengan memasukkan gen tahan dingin dari hewan yang hidup di tempat dingin ke kromosom tanaman padi.



Gambar 24. Padi Rojolele sebagai Padi Transgenik

Laktoferin berfungsi memberikan daya tahan terhadap serangan mikroba patogen (antibacterial, antiviral dan antifungal, antiinflammatory) yang memacu pertumbuhan sel limfosit, aktivitas antioksidan dan berperan dalam transpor besi dalam tubuh manusia.

Selain padi rojo lele, terapat pula padi emas atau dikenal dengan sebutan golden rice, yaitu kultivar padi transgenik hasil rekayasa genetika yang berasnya mengandung beta-karotena pada bagian endospermany. Kandungan beta-karotena inilah yang menyebabkan warna berasnya tersebut tampak kuning-jingga sehingga kultivarnya dinamakan "padi emas" dan "beras emas".



Gambar 25. Golden Rice sebagai Padi Transgenik

Golden rice diketahui mengandung 1,6 mikro gram beta karoten per gram beras. Beta karoten atau pro vitamin A nantinya akan diubah menjadi vitamin A di dalam tubuh.

Dilansir dari Science Direct, vitamin A berperan penting dalam menunjang kesehatan mata, kekebalan tubuh, pertumbuhan tulang, dan reproduksi. Kekurangan vitamin A selain dapat menurunkan daya penglihatan juga dapat menyebabkan kematian karena mengurangi kemampuan tubuh dalam menghadapi infeksi.

Maka dari itu, sampai saat ini peneliti masih melakukan pengembangan terkait golden rice. Pada tahun 2005, dihasilkan golden rice generasi kedua yang mengandung beta karoten 20 kali lipat dari generasi sebelumnya. Berbeda dengan generasi sebelumnya, golden rice 2 menggunakan gen psy dari jagung karena memiliki aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan gen psy dari bunga bakung.



Bio Fun Fact

Gagasan diproduksinya golden rice sendiri dilatar belakangi oleh banyaknya kasus kekurangan vitamin A di lebih dari 20 negara yang tersebar di Asia, Afrika, dan Amerika Latin. Berdasarkan analisis WHO, diperkirakan ada 250.000-500.000 anak yang menderita defisiensi vitamin A mengalami kebutaan setiap tahunnya.

2. Tembakau Resisten terhadap Virus

Penggunaan plasmid Ti (Tumor inducing) pada jenis bakteri *Agrobacterium tumefaciens* sebagai vector sangat luas pemanfaatannya. Berbagai macam tumbuhan dapat dikembangkan melalui teknologi DNA rekombinan dengan plasmid ini. Salah satu pemanfaatannya yaitu pada penemuan tumbuhan tembakau yang resisten atau tahan terhadap virus TMV (Tobacco Mozaic Virus).

Tumbuhan tidak mempunyai sistem kekebalan seperti pada hewan. Beachy, seorang ilmuwan dari Universitas Washington (AS) mengembangkan tumbuhan yang tahan terhadap virus TMV. Ia menggunakan plasmid Ti yang digabung dengan gen yang tahan terhadap penyakit TMV. Gabungan ini kemudian dimasukkan dalam kromosom tembakau.



Gambar 26. Tembakau Resisten terhadap TMV
(Tobacco Mozaic Virus)

Kromosom tembakau yang telah disisipi gen tahan virus TMV tersebut kemudian diperbanyak melalui teknik kultur jaringan. Tanaman tembakau yang dihasilkan terbebas dari infeksi virus TMV. Virus TMV tidak dapat menginfeksi sel-sel tumbuhan tembakau transgenik yang telah disisipi oleh gen tahan virus TMV.

3. Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman

Mikroorganisme atau mikroba telah dimanfaatkan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman (biokontrol). Keuntungan pemanfaatan biokontrol untuk pertanian yaitu dapat mengurangi penggunaan pestisida yang tidak ramah lingkungan. Mikroorganisme yang digunakan sebagai biokontrol diantaranya *Beauveria bassiana* yang berperan dalam mengendalikan serangga.



Gambar 27. *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae*

Selain itu, terdapat *Metarhizium anisopliae* yang berperan dalam mengendalikan hama boktor tebu (*Dorysthenes* sp.), dan *Trichoderma harzianum* untuk mengendalikan penyakit tular tanah (*Gonoderma* sp. dan *Phytophthora* sp.). Produk-produk biokontrol yang telah dikomersialisasikan oleh unit kerja lingkup Lembaga Riset Perkebunan Indonesia (LRPI) antara lain Bio-Meteor, Greemi-G, Triko SP, NirAma, dan Marfu-P.

4. Pembuatan Pupuk Organik

Pupuk organik dibuat dengan penggunaan agen biologi berupa mikroorganisme atau mikroba yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan asam organik sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan biaya produksi.

Peneliti di Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia (BPBPI) mengembangkan teknologi pembuatan pupuk superfosfat yang disebut Bio-SP dengan menggunakan bantuan mikroba pelarut fosfat.



Gambar 28. Pupuk Organik Bio-SP

5. Biosuplemen Probiotik Hewan Ternak

Para peternak biasa memasukkan biosuplemen ke dalam pakan ternak. Probiotik merupakan mikroorganisme yang dapat meningkatkan kesehatan hewan ternak dan mempermudah penyerapan dalam saluran pencernaan hewan ternak. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) telah memproduksi biosuplemen probiotik yang diberi nama PSc yang telah diujikan terhadap sapi potong dan sapi perah di Jawa Barat dan Jawa Tengah. Hasil pengujian menunjukkan adanya kenaikan produksi daging sapi potong dan produksi susu pada sapi perah.

C. Bidang Kesehatan

Penerapan rekayasa genetika pada bidang kedokteran dilakukan untuk proses pembuatan hormon buatan, vaksin untuk melawan virus ataupun antibodi.

1. Pembuatan Insulin

Insulin merupakan hormon yang disekresikan oleh kelenjar pankreas. Hormon ini berperan dalam mengatur kadar gula (glukosa) dalam darah. Namun, tidak semua orang dapat memproduksi insulin dengan jumlah yang sesuai kebutuhan tubuh. Penderita diabetes mellitus merupakan orang yang sama sekali tidak dapat memproduksi insulin, sehingga memerlukan suntikan insulin tambahan.

Pada awalnya insulin dibuat dari kelenjar pankreas sapi. Di mana insulin yang dibutuhkan seorang pasien diabetes selama setahun kurang lebih sebanyak 0,5 gram. Dalam memproduksi insulin, diperlukan 28 ekor sapi untuk menghasilkan 4.800 gram dari kelenjar pankreasnya.

Apabila penderita diabetes mellitus sebanyak 800 pasien lebih, lalu berapa banyak sapi yang harus diambil pankreasnya setiap tahun? Melalui teknik rekayasa genetika, dapat diperoleh insulin dalam jumlah banyak tanpa mengorbankan banyak hewan ternak, insulin ini diperoleh dengan mencangkokkan gen (transplantasi gen) yang mengkode insulin ke dalam plasmid bakteri.



Bio Article

Scan kode QR di samping ini atau **klik disini** untuk menambah pengetahuan dengan membaca artikel mengenai **Rekayasa Genetika dalam Proses Pembuatan Insulin!**



2. Pembuatan Vaksin



Gambar 29. Vaksin

Selain digunakan untuk memproduksi hormon maupun enzim, teknologi DNA rekombinan juga digunakan untuk membuat vaksin. Pada pembuatan vaksin, beberapa mikroorganisme vaksin digunakan dengan tujuan untuk menghambat kemampuan mikroorganisme pathogen (penyebab penyakit). Mikroba menjadi suatu bibit penyakit dalam tubuh apabila mikroba tersebut menghasilkan senyawa toksik bagi tubuh manusia.

Selain itu, bagian-bagian tubuh mikroba seperti flagel dan membran sel juga dapat menimbulkan penyakit. Hal ini karena bagian-bagian tersebut kemungkinan terdiri dari protein asing bagi tubuh. Senyawa dan protein asing ini disebut antigen. Gen yang mengkode senyawa penyebab penyakit (antigen) diisolasi dari mikroba yang bersangkutan. Kemudian gen ini disisipkan pada plasmid mikroba yang sama, tetapi telah dilemahkan (tidak berbahaya).

Mikroba menjadi tidak berbahaya karena telah dihilangkan bagian yang menimbulkan penyakit, seperti lapisan lendirnya. Mikroba yang telah disisipi gen ini akan membentuk antigen murni. Bila antigen ini disuntikkan pada manusia, sistem kekebalan manusia akan membuat senyawa khas yang disebut antibodi. Munculnya antibodi ini akan mempertahankan tubuh dari pengaruh senyawa asing (antigen) yang masuk dalam tubuh.



Bio Fun Fact

Indonesia juga memanfaatkan bioteknologi untuk membuat vaksin flu burung. Baru-baru ini para ahli dari Fakultas Kedokteran Hewan IPB bekerja sama dengan Shigeta Pharmaceutical, sebuah perusahaan farmasi dari Jepang yang telah berhasil menemukan vaksin untuk penyakit yang meresahkan masyarakat. Vaksin ini diberi nama Bird CLOSE 5.1 yang diperoleh melalui rekayasa genetika dari virus penyebab flu burung H5N1 yang dikawinkan dengan virus influenza Puerto Rico yang dapat tumbuh dengan pesat. Virus yang dijadikan sampel dalam pembuatan vaksin ini yaitu virus H5N1 yang ditemukan di daerah Legok, Tangerang, Banten. Zat-zat berbahaya dari virus ini dihilangkan kemudian virus ini dikembangbiakkan dengan cepat. Virus yang sudah tidak berbahaya inilah yang digunakan sebagai vaksin.

3. Pembuatan Antibodi Monoklonal

Bioteknologi pembuatan antibodi monoklonal menggunakan teknik fusi protoplasma. Fusi protoplasma dilakukan dengan menggabungkan dua sel dari jaringan yang sama atau dua sel dari organisme yang berbeda dalam suatu medan listrik. Fusi ini menghasilkan sel-sel yang dapat menghasilkan antibodi sekaligus dapat memperbanyak diri secara terus-menerus seperti pada sel-sel kanker.

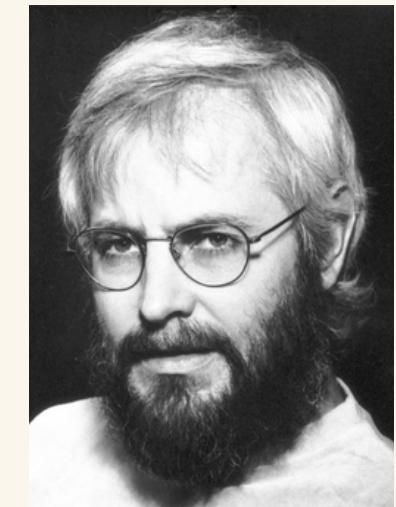


Gambar 30. Antibodi Monoklonal



Bio Fun Fact

Teknologi pembuatan antibodi monoklonal diperkenalkan oleh Kohler dan Milstein pada tahun 1975. Mereka dapat menunjukkan bahwa sel limfosit penghasil antibodi dapat difusikan dengan sel myeloma (kanker). Teknologi ini menggunakan prinsip fusi protoplasma.



Kohler

4. Terapi Gen Penderita Fibrosis Sistik

Penderita fibrosis sistik ditandai dengan kesulitan bernapas karena paru-parunya terisi lendir. Hal ini disebabkan adanya mutasi gen yang mengakibatkan tidak terbentuknya alfa-1-antitripsin (ATT). Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan terapi gen untuk memperbaiki gen-gen penyebab penyakit.

Salah satu cara yang dilakukan yaitu dengan mengisolasi gen yang mengkode ATT dari orang sehat untuk dimasukkan ke DNA virus. Selanjutnya, virus tersebut diinfeksikan pada paru-paru pasien. Virus akan mentransfer gen pengode ATT yang dibawa oleh sel paru-paru orang sehat. Dengan demikian, sel paru-paru pasien dapat membuat protein ATT dan pasien dapat bernapas dengan lebih normal.



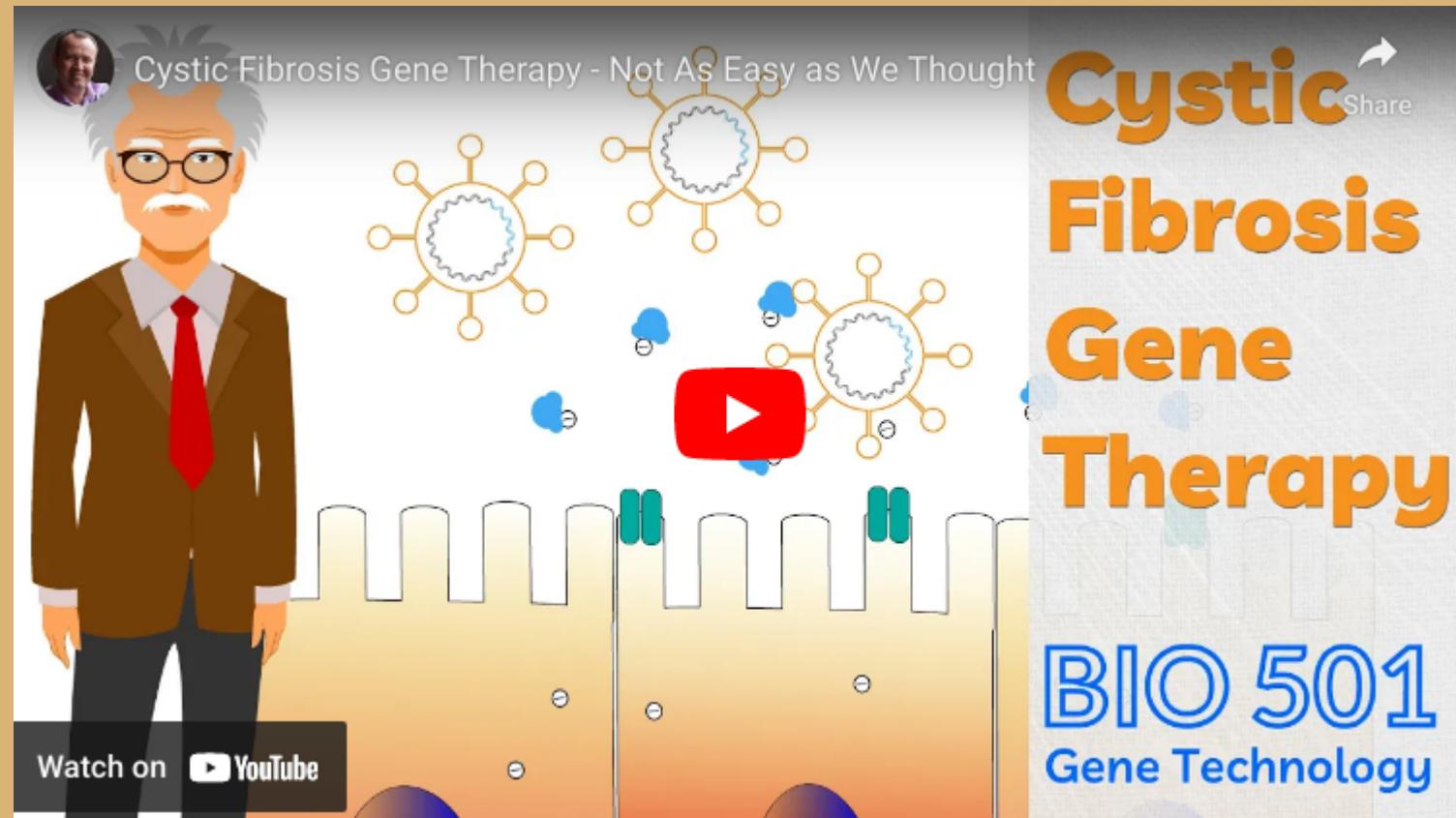
Bio Article

Scan kode QR di samping ini atau **klik disini** untuk menambah pengetahuan dengan membaca artikel mengenai **Pemanfaatan Terapi Gen dalam Menangani Penyakit Fibrosis Kistik!**





Bio Watch



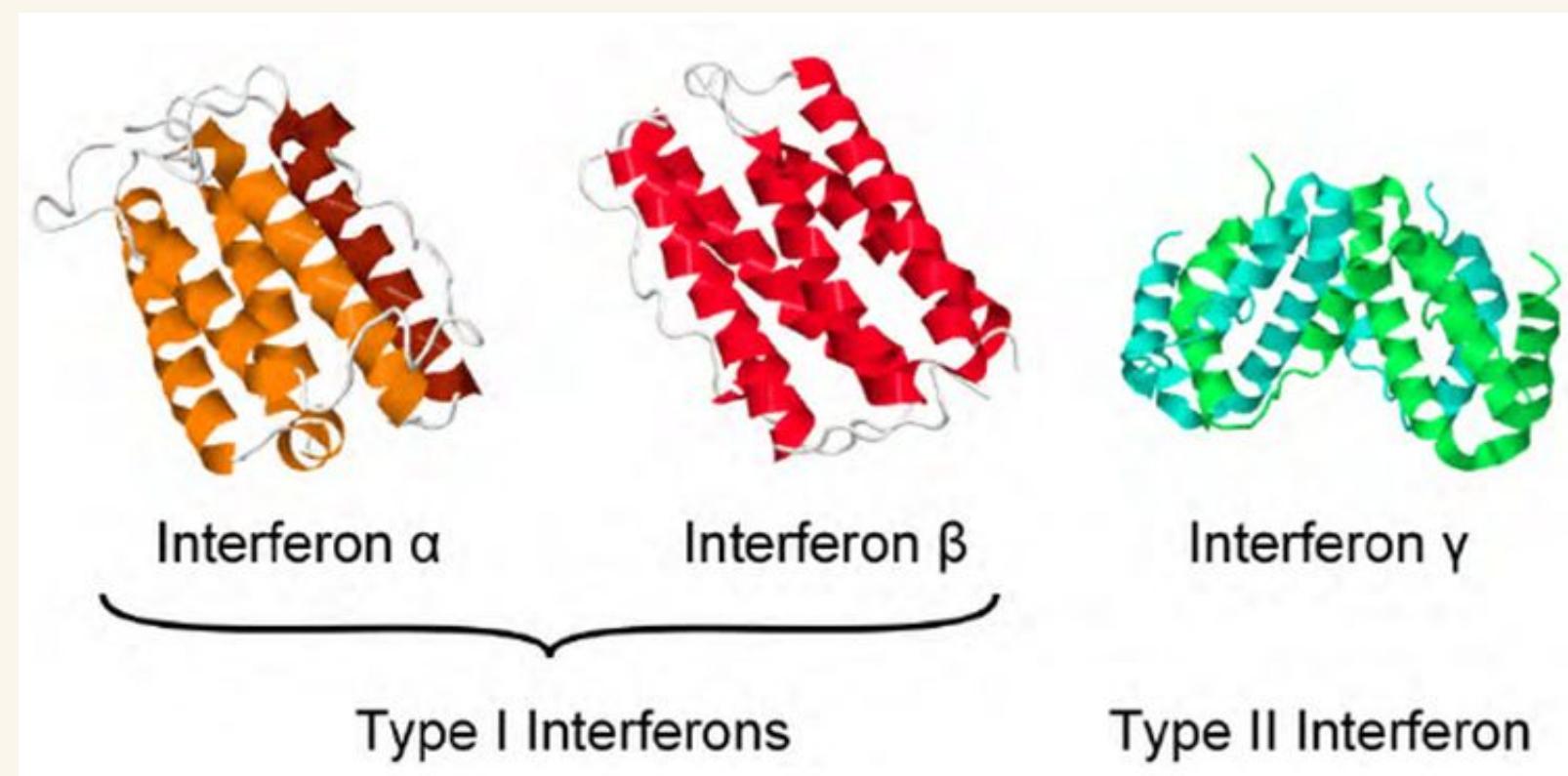
Scan
Me!



Video 5. Cystic Fibrosis Gene Therapy

5. Interferon

Interferon adalah protein yang dibentuk secara alami oleh sel sistem imun, seperti sel darah putih dan fibroblas. Secara komersial, interferon diproduksi dengan menggunakan teknologi DNA rekombinan. Interferon memodulasi respons sistem imun untuk menyerang virus, bakteri, kanker dan senyawa-senyawa asing.



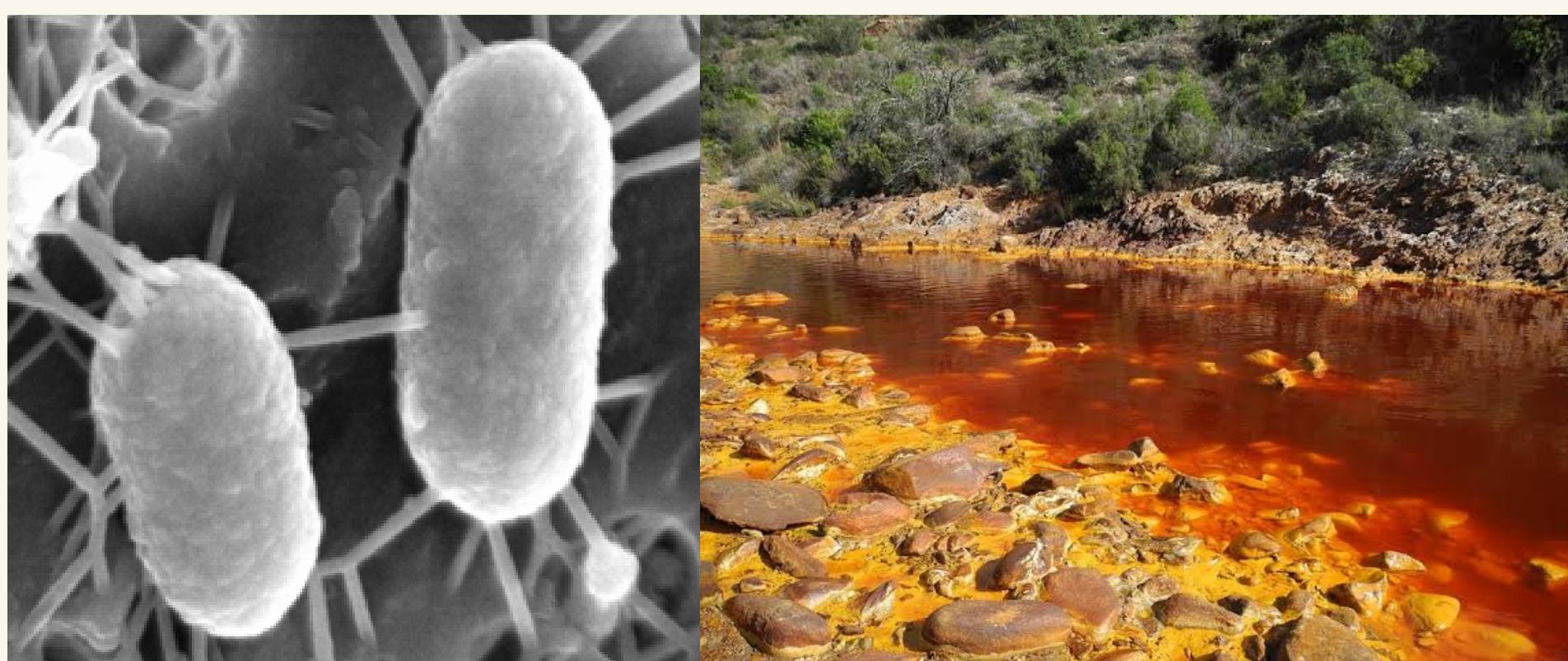
Gambar 31. Jenis-Jenis Interferon

Interferon tidak secara langsung membunuh virus atau sel yang bersifat kanker, tetapi interferon menaikkan respons sistem imun dan mengurangi pertumbuhan sel-sel kanker. Dengan kata lain, interferon merupakan senyawa protein yang mampu memacu pertahanan tubuh manusia.

D. Bidang Lingkungan

Penerapan bioteknologi di bidang lingkungan digunakan untuk mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan. Pada proses pemurnian logam, bahan-bahan tambang yang diperoleh masih terikat dengan bijihnya (kotoran), sehingga diperlukan bahan kimia untuk memurnikannya.

Namun, bahan-bahan kimia tersebut ternyata kurang efektif di dalam logam dari bijihnya sehingga banyak sisa bahan tambang yang kemudian dibuang sebagai limbah. Dengan menggunakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*, beberapa jenis logam dapat diambil dari cairan sisa penambangan.



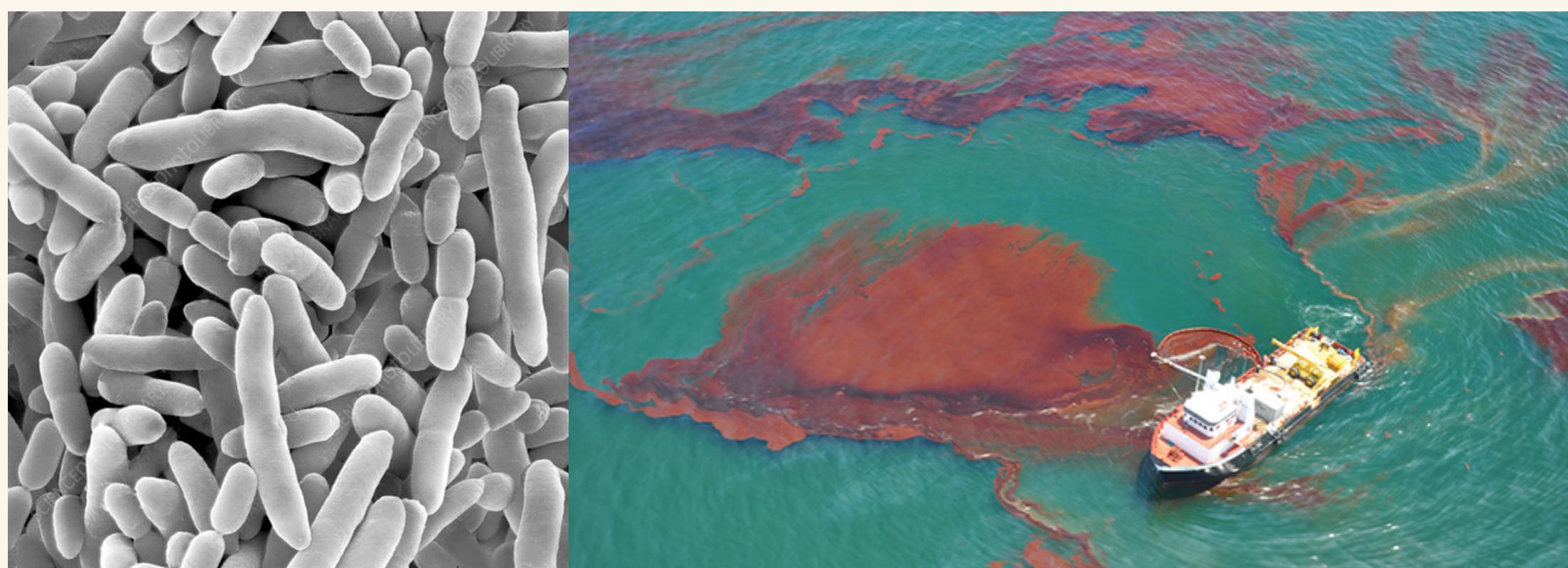
Gambar 32. *Thiobacillus ferrooxidans*
dalam Mengatasi Limbah Penambangan

Thiobacillus ferrooxidans mampu mengoksidasi belerang yang mengikat berbagai logam seperti tembaga, seng, dan uranium membentuk logam sulfida. Oleh karena itu, pencemaran lingkungan akibat limbah penambangan dapat dikurangi dengan memanfaatkan peran mikroorganisme.

Bioteknologi juga diterapkan untuk mengatasi pencemaran akibat tumpahan minyak di laut. Seperti kejadian meledaknya kilang minyak di Laut Timor, Nusa Tenggara Timur, Indonesia pada tanggal 21 Agustus 2009. Tumpahan kilang minyak tersebut dapat mencemari Laut Timor.

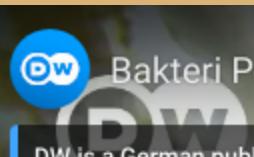
Untuk menanggulangi tumpahan minyak tersebut, dapat dilakukan dengan bioremediasi. Bioremediasi yaitu proses yang melibatkan mikroorganisme atau mikroba seperti bakteri, jamur (mycoremediasi), ragi, alga dan enzim-enzim yang dihasilkan oleh mikroba untuk membersihkan atau menetralkan bahan-bahan kimia dan limbah secara aman.

Seperti halnya tumpahan minyak dapat diatasi dengan memanfaatkan bakteri *Pseudomonas putida*. Bakteri tersebut mampu menguraikan ikatan hidrokarbon pada minyak bumi. Bakteri tersebut mampu mendegradasi senyawa di dalam minyak agar mudah terurai menjadi senyawa yang lebih aman.

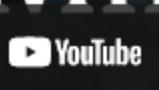


Gambar 33. *Pseudomonas putida* dalam Mengatasi Tumpahan Minyak di Laut

Bio Watch

 Bakteri Pemakan Hidrokarbon Bersihkan Cemaran Minyak di Laut
DW is a German public broadcast service. >

Bakteri Pelahap Minyak

Watch on 



Scan Me!



Video 6. Bakteri Pemakan Hidrokarbon Bersihkan Cemaran Minyak



SUB BAB IV

DAMPAK POSITIF DAN NEGATIF BIOTEKNOLOGI

Bioteknologi dapat meningkatkan kuantitas dan kualitas pertanian melalui rekayasa organisme dalam menciptakan bibit unggul, varietas tanaman unggul, biopestisida dan pupuk hayati yang ramah lingkungan. Dengan begitu dapat meningkatkan produksi pangan nasional.

Selain itu, bioteknologi diharapkan dapat mengatasi berbagai permasalahan-permasalahan lingkungan terutama pencemaran lingkungan. Namun, aplikasi bioteknologi juga menimbulkan dampak negatif dalam berbagai bidang kehidupan, seperti:

A. Bidang Lingkungan

1. Dampak Positif

Bioteknologi dapat digunakan untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat pemakaian pestisida. Seperti adanya produk bioteknologi berupa tumbuhan yang tahan terhadap serangan serangga dalam mengatasi hama pada tanaman. Selain itu, bioteknologi juga dapat mengurangi pencemaran limbah dengan penggunaan *Thiobacillus ferroxidans* untuk mengatasi limbah penambangan.

2. Dampak Negatif

a. Menimbulkan kerusakan ekosistem

Tanaman kapas anti serangga selain dapat membunuh serangga sebagai hama tumbuhan dapat pula membunuh organisme lainnya, seperti kupu-kupu dan lebah ketika menghisap nectar tanaman tersebut. Akibatknya jenis serangga tersebut dapat punah dan berakibat pada ketidakseimbangan ekosistem di alam. Selain itu, kematian hama serangga dalam jumlah tinggi akan berdampak buruk bagi kelangsungan hidup organisme pemakan serangga.

b. Hilangnya plasma nutfah

Organisme transgenik merupakan organisme yang susunan gen dalam kromosomnya telah diubah sehingga mempunyai sifat yang menguntungkan sesuai dengan yang dikehendaki. Penemuan terkait organisme transgenik ini menimbulkan kecenderungan masyarakat untuk membudidayakan organisme yang seragam. Akibatnya, organisme lokal semakin tersinkir sehingga dapat menimbulkan hilangnya plasma nutfah tumbuhan lokal secara alami. Oleh karena itu, pembudidayaan organisme transgenik dapat mengakibatkan punahnya makhluk hidup dalam suatu ekosistem.

B. Bidang Sosial Ekonomi

1. Dampak Positif

Adanya persaingan untuk mencari tanaman atau hewan dengan varietas baru melalui proses rekayasa genetika yang terjadi di kalangan industri guna menghasilkan individu yang memiliki sifat unggul.

2. Dampak Negatif

Bioteknologi berdampak negatif yaitu terjadinya kesenjangan sosial dan ekonomi pada masyarakat karena produk-produk dari petani dan peternak tradisional mulai tersisih oleh adanya produk-produk hasil rekayasa genetika. Hal ini mengakibatkan banyak petani dan peternak tradisional yang ingin mengembangkan bibit hasil bioteknologi mau tidak mau harus membayar uang jasa kepada pihak penemu bibit tersebut.

C. Bidang Kesehatan

1. Dampak Positif

Adanya penemuan produk-produk obat maupun hormon hasil rekayasa genetika mengakibatkan produk tersebut membantu dan mempermudah masyarakat dalam memperolehnya.

2. Dampak Negatif

Penggunaan produk kesehatan hasil rekayasa genetika dapat mengakibatkan dampak negatif berupa timbulnya alergi. Bahkan, beberapa produk transgenik dapat mengakibatkan seseorang menjadi resisten terhadap beberapa jenis antibiotik tertentu.

D. Bidang Etika Moral

Adanya teknologi cloning sangat dikhawatirkan apabila diterapkan pada manusia. Sebagian besar masyarakat berpendapat bahwa hal ini dianggap merendahkan martabat manusia. Kloning pada manusia sangat ditentang karena tidak sesuai dengan etika moral dan melanggar aturan agama. Oleh karena itu, para ilmuwan diharapkan dapat bersikap dan bertindak bijaksana dalam melakukan rekayasa genetika.



Bio Article

Scan kode QR di samping ini atau klik disini untuk menambah pengetahuan dengan membaca artikel mengenai **5 Dampak Positif dan Negatif Penerapan Bioteknologi!**



Bio Watch



Scan
Me!



Video 7. Apa itu Bioteknologi dan Dampak Positif Negatifnya



Bio Lab

PEMBUATAN TEMPE

A. Kompetensi Dasar

4.10 Merencanakan dan melakukan percobaan dalam penerapan prinsip-prinsip bioteknologi konvensional untuk menghasilkan produk dan mengevaluasi produk yang dihasilkan serta prosedur yang dilaksanakan.

B. Tujuan

Melalui kegiatan percobaan secara sederhana, diharapkan siswa dapat :

1. Membuat produk tempe dari kacang kedelai sebagai penerapan bioteknologi konvensional.
2. Mengetahui mikroorganisme yang terlibat dalam proses pembuatan tempe.
3. Mengetahui pengaruh jenis pembungkus (plastik dan daun pisang)

C. Landasan Teori

Tempe merupakan salah satu produk bioteknologi konvensional di bidang pangan. Pada dasarnya, proses pembuatan tempe dilakukan dengan menumbuhkan spora jamur tempe, yaitu *Rhizopus* sp. pada biji kedelai. Dalam pertumbuhannya, mikroba jenis jamur ini akan membentuk benang-benang halus yang disebut sebagai hifa.



Bio Lab

Benang-benang halus atau hifa ini akan mengikatkan biji kedelai yang satu dengan biji kedelai lainnya, sehingga biji-biji kedelai membentuk suatu massa yang kompak dan padat. Massa kedelai inilah yang selanjutnya disebut sebagai tempe.

Selama masa pertumbuhannya, jamur *Rhizopus* sp. juga menghasilkan enzim yang dapat menguraikan protein yang terdapat dalam biji kedelai, sehingga protein-protein dalam biji kedelai ini mudah dicerna saat dikonsumsi.

D. Alat dan Bahan

Alat :

1. Baskom
2. Saringan
3. Dandang
4. Kompor
5. Kipas
6. Tampah
7. Cukil kayu
8. Peralatan lain yang diperlukan

Bahan :

1. Kacang kedelai
2. Ragi tempe atau biakan murni *Rhizopus* sp.
3. Kantong plastik dan daun pisang

E. Cara Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan
2. Timbanglah biji kacang kedelai yang telah disipkan, lalu cuci hingga bersih.
3. Rendam biji kacang kedelai yang telah dicuci bersih selama 12-18 jam.



Bio Lab

4. Lepaskan kulit ari biji kacang kedelai, lalu cuci atau bilas dengan menggunakan air bersih.
5. Rebus biji kacang kedelai hingga terasa empuk.
6. Letakkan biji kacang kedelai pada tumpah yang telah dibersihkan, kemudian kipasi sambil diaduk hingga biji kecang kedelai terasa hangat.
7. Taburkan ragi tempe yang telah disiapkan sedikit demi sedikit sambil diaduk-aduk supaya merata (1,5 gram ragi tempe untuk 2 kg kedelai).
8. Siapkan kantong plastik dan daun pisang untuk pembungkus. Penggunaan kantong plastik sebagai pembungkus perlu diberi lubang-lubang kecil pada kantong tersebut dengan menggunakan cukil kayu. Masukan biji kacang kedelai yang telah diberi ragi
9. ke dalam pembungkusnya, atur ketebalannya sesuai dengan selera.
Inkubasikan kacang kedelai ini pada suhu kamar
10. selama satu atau dua hari atau hingga seluruh permukaan kacang kedelai tertutupi oleh jamur.

F. Data Pengamatan

Jenis Pembungkus	Tekstur	Aroma	Warna	Rasa
Kantong plastik				
Daun pisang				



Bio Lab

G. Pertanyaan

Diskusikan beberapa pertanyaan berikut bersama teman kelompokmu!

1. Apa tujuan dari perendaman biji kacang kedelai selama 12-18 jam?
2. Mengapa kulit ari biji kacang kedelai perlu dilepaskan?
3. Jelaskan mengapa pada proses pembuatan tempe perlu ditambahkan ragi tempe atau *Rhizopus* sp.?
4. Pada hari ke berapa benang benang halus atau hifa berwarna putih mulai muncul?
5. Membutuhkan berapa hari agar tempe siap untuk dikonsumsi? Mengapa?

H. Sistematika Laporan

Buatlah laporan hasil percobaan pembuatan tempe dalam bentuk power point dengan sistematika sebagai berikut.

1. Cover
2. Tujuan Percobaan
3. Landasan Teori
4. Alat dan Bahan
5. Cara Kerja
6. Hasil dan Pembahasan
7. Kesimpulan
8. Daftar Pustaka
9. Lampiran

EVALUASI

Jawablah pertanyaan berikut ini dengan tepat!

1. Berikut ini merupakan prinsip-prinsip dasar bioteknologi:

1. Memanfaatkan mikroorganisme
2. Memodifikasi molekul DNA
3. Menggunakan proses biokimia
4. Memerlukan enzim pemotong DNA
5. Proses genetik terjadi alami

Prinsip dasar bioteknologi konvensional adalah ...

- A. 1, 2, dan 3
- B. 1, 3, dan 5
- C. 2, 3, dan 4
- D. 2, 3, dan 5
- E. 3, 4, dan 5

2. Pada proses bioteknologi konvensional bahan baku kacang kedelai yang diperlakukan dapat dibuat berbagai jenis makanan, seperti tauco, tempe dan kecap. Mengapa hal itu dapat terjadi?

- A. Jenis mikroba yang berbeda mengekspresikan enzim-enzim yang berbeda
- B. Makin lama proses fermentasi maka jenis makanan yang dihasilkan berbeda
- C. Tempe tidak memerlukan ruang steril, tauco dan kecap memerlukan ruang steril
- D. Tauco dan kecap diperlakukan oleh bakteri, tempe diperlakukan oleh jamur
- E. Tempe, tauco, dan kecap diperlakukan oleh bakteri yang berbeda

3. Berikut ini adalah aplikasi bioteknologi:

1. Fertilisasi in-vitro
2. Teknik kultur jaringan
3. Teknologi hibridoma
4. Bioremediasi
5. Teknologi transgenik

Aplikasi bioteknologi di bidang lingkungan dan pertanian berturut-turut adalah ...

- A. 1 dan 2
- B. 1 dan 3
- C. 2 dan 3
- D. 3 dan 4
- E. 4 dan 5

4. Rekayasa genetika keberhasilannya antara lain disebabkan oleh kemampuan plasmid. Peran plasmid dalam rekayasa genetika sebagai ...

- A. Penerjemah kode genetik
- B. Pembentuk protein antibodi
- C. Pembawa gen asing ke dalam sel bakteri
- D. Penghasil metabolit sekunder di dalam sel
- E. Pemotong gen asing yang dicangkokkan ke bakteri

5. Salah satu terapan penting di bidang kedokteran adalah pembuatan antibodi monoklonal. Terobosan bioteknologi ini didasarkan pada ...

- A. Teknologi hibridoma
- B. Teknologi plasmid
- C. Pencangkokkan gen
- D. Pencangkokkan nukleus
- E. Teknik kultur jaringan

6. Pasangan suami istri yang tidak dapat menghasilkan keturunan karena sesuatu hal dapat ditanggulangi dengan memanfaatkan ...
- Teknik hibridoma
 - Fertilisasi in-vitro
 - Transplantasi nukleus
 - DNA rekombinan
 - Fusi gen
7. Tumpahan minyak di lautan dapat menyebabkan terputusnya rantai makanan. Jenis bioteknologi yang dapat diterapkan untuk mengatasi tumpahan minyak tersebut adalah ...
- Hibridoma
 - Transplantasi inti
 - Rekombinasi gen
 - Kloning bakteri
 - Bioremediasi
8. Berikut ini adalah tahapan dalam kultur jaringan:
1. Perbanyak planlet
 2. Pembentukan kalus
 3. Aklimatisasi tanaman baru di tanah
 4. Penumbuhan jaringan pada medium
- Urutan tahapan yang benar adalah ...
- 1-2-3-4
 - 2-3-1-4
 - 3-2-4-1
 - 3-1-2-4
 - 4-2-3-1

9. Bakteri *Pseudomonas putida* mampu mendegradasi tumpahan minyak bumi di laut dengan cara....
- A. Memutus ikatan karbon
 - B. Memutus ikatan aldehid
 - C. Memfermentasi minyak bumi menjadi polyester
 - D. Mereaksikan asam sulfat dengan minyak bumi
 - E. Mendegradasi minyak bumi menjadi gas metana
10. Keberhasilan rekayasa genetika menghasilkan tumbuhan unggul dan pengembangan hasilnya terus menerus telah meningkatkan kekhawatiran banyak kalangan, terutama ahli biologi karena ...
- A. Menurunkan populasi plasma nutfah
 - B. Memberikan keunggulan sesaat pada manusia
 - C. Sifat unggul tidak dapat dipertahankan
 - D. Sifat unggul memiliki toleransi yang tinggi terhadap lingkungan
 - E. Gen-gen unggul plasma nutfah menjadi inaktif



Bio Evaluation



Scan kode QR di samping ini atau **klik disini** untuk menambah pemahaman dengan mengerjakan soal-soal evaluasi berbasis digital mengenai materi bioteknologi, selamat mengerjakan!

Scan
Me!



KUNCI JAWABAN

Evaluasi

1. B. 1, 3, dan 5

Pembahasan :

Bioteknologi konvensional mempunyai ciri-ciri :

- Hanya sebatas manipulasi pada lingkungan dan media tumbuh tidak sampai pada tahap rekayasa genetika
- Tidak menggunakan alat yang banyak dan rumit
- Diproduksi dalam jumlah kecil
- Mengandalkan jasa mikroorganisme melalui proses fermentasi
- Mikroorganisme yang digunakan adalah bakteri dan fungi

2. A. Jenis mikroba yang berbeda mengekspresikan enzim-enzim yang berbeda

Pembahasan :

Tauco, tempe, dan kecap dibuat dengan teknik bioteknologi konvensional yaitu mengandalkan jasa mikroorganisme melalui proses fermentasi. Mikroorganisme yang digunakan adalah fungi atau jamur.

- Tauco: hasil fermentasi kacang kedelai oleh jamur *Aspergillus oryzae*
- Tempe: hasil fermentasi kacang kedelai oleh jamur *Rhizopus oryzae*
- Kecap : hasil fermentasi kacang kedelai oleh jamur *Aspergillus wentii* dan *Aspergillus soyae*

Dengan bahan yang sama tapi difermentasi oleh jamur (fungi) yang berbeda, akan menghasilkan produk yang berbeda. Hal ini disebabkan karena setiap jamur mengekspresikan enzim yang berbeda-beda.

3. E. 4 dan 5

Pembahasan :

Beberapa aplikasi bioteknologi antara lain :

- Fertilisasi in-vitro, yaitu pembuahan buatan spermatozoa dan ovum di luar tubuh individu melalui suatu media (bioteknologi modern).
- Teknik kultur jaringan, yaitu perbanyak tumbuhan secara vegetatif menggunakan botol kultur dengan media dan kondisi tertentu (bioteknologi modern).
- Teknologi hibridoma, yaitu metode penggabungan dua sel untuk menghasilkan antibodi monoklonal dalam jumlah yang besar (bioteknologi modern).
- Bioremediasi, yaitu pemanfaatan mikroorganisme untuk mengendalikan polutan di lingkungan dengan mengubah struktur kimia polutan (bioteknologi modern).
- Teknologi transgenik, yaitu metode bioteknologi tanaman dengan tujuan menghasilkan karakter baru (varietas unggul) pada berbagai jenis tanaman (bioteknologi modern).

4. C. Pembawa gen asing ke dalam sel bakteri

Pembahasan :

Plasmid merupakan molekul DNA di luar kromosom yang dapat berpindah dari satu bakteri ke bakteri lain dan memiliki sifat yang sama dengan inangnya. Selain itu plasmid juga dapat memperbanyak diri melalui proses replikasi sehingga dapat menghasilkan plasmid dalam jumlah banyak. Oleh karena itu plasmid sangat tepat digunakan sebagai vektor atau pembawa gen asing untuk disisipkan ke dalam sel bakteri target.

5. A. Teknologi hibridoma

Pembahasan :

Teknik-teknik pada bioteknologi, diantaranya :

- Teknologi hibridoma, bertujuan untuk menggabungkan dua sel yaitu sel limpa yang memiliki antibodi tertentu dengan sel kanker. Sel kanker berperan dalam mempercepat reproduksi sel sekaligus mempercepat pembentukan antibodi dalam jumlah besar dan tidak mengubah ekspresi gen yang dihasilkan oleh sel limpa sehingga tidak berbahaya bagi manusia.
- Teknologi plasmid atau pencangkokkan gen, bertujuan untuk menghasilkan hormon atau enzim tertentu dari bakteri.
- Pencangkokkan nukleus, bertujuan untuk menghasilkan organisme baru tanpa melalui proses perkawinan.
- Teknik kultur jaringan, bertujuan untuk memperbanyak tumbuhan dengan cara vegetatif.

6. B. Fertilisasi in-vitro

Pembahasan :

Fertilisasi in-vitro adalah pembuahan buatan spermatozoa dan ovum di luar tubuh individu melalui suatu media. Bioteknologi modern ini membantu pasangan suami istri yang tidak dapat menghasilkan keturunan melalui program bayi tabung. Sel telur istri diambil untuk dibuahi oleh sel sperma di luar rahim.

7. E. Bioremediasi

Pembahasan :

Beberapa aplikasi pada bioteknologi diantaranya :

- Hibridoma, yaitu teknik pembuatan sel yang dihasilkan dari fusi antara sel B limfosit dengan sel kanker untuk menghasilkan antibodi.

- Transplantasi inti, yaitu memindahkan inti sel somatik (sel tubuh) ke dalam sel telur lain untuk menghasilkan embrio.
- Rekombinasi gen, yaitu membentuk susunan gen baru dengan memindahkan segmen DNA dari satu sel ke sel yang lain sehingga dihasilkan keturunan yang berbeda dari induknya.
- Bioremediasi, yaitu memanfaatkan mikroorganisme untuk mengendalikan polutan di lingkungan dengan mengubah struktur kimia polutan (bioteknologi modern).

8. E. 4-2-3-1

Pembahasan :

Kultur jaringan adalah metode untuk memperbanyak tanaman dari sel-sel tanaman induk di lingkungan buatan yang terpisah dari induknya dengan memanfaatkan sifat totipotensi tanaman tersebut. Tahapannya secara berurutan:

- Mengambil sel atau jaringan tanaman yang akan ditumbuhkan pada media kultur jaringan
- Media kultur jaringan berisi nutrisi dan zat tumbuh
- Proses pembentukkan kalus (sel yang belum berdeferensiasi)
- Memotong kalus untuk memperoleh plantlet atau tanaman kecil
- Kalus tumbuh menjadi tanaman-tanaman kecil
- Pembiasaan tanaman baru di tanah

9. E. Mendegradasi minyak bumi menjadi gas metana

Pembahasan :

Bakteri *Pseudomonas* sp. memiliki kemampuan dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon dan dalam menghasilkan biosurfaktan menunjukkan bahwa isolat bakteri *Pseudomonas* sp. berpotensi untuk digunakan dalam upaya bioremediasi lingkungan akibat pencemaran senyawa hidrokarbon.

10. A. Menurunkan populasi plasma nutfah

Pembahasan :

Dampak negatif dari rekayasa genetika, yaitu:

- Kemungkinan adanya kerusakan pada plasma nutfah alami
- Adanya potensi pergeseran akibat transfer gen dari organisme transgenik
- Berpotensi memunculkan pencemaran biologis karena adanya transfer gen dari organisme transgenik
- Bisa menimbulkan penyakit baru yang lebih resisten
- Membentuk barier spesies atau spesies penghalang



Bio Resume

1. **Bioteknologi** adalah ilmu dan teknologi terapan yang memanfaatkan makhluk hidup untuk memproduksi barang atau jasa yang dapat dimanfaatkan oleh manusia.
2. **Prinsip dasar bioteknologi** yaitu melibatkan agen biologi (mikroorganisme, tumbuhan, hewan), menggunakan metode tertentu, menghasilkan suatu produk baru atau termodifikasi, melibatkan banyak disiplin ilmu (mikrobiologi, biokimia, genetika, biologi sel, teknik kimia dan enzimologi).
3. **Bioteknologi konvensional** adalah bioteknologi yang memanfaatkan organisme secara langsung untuk menghasilkan produk barang dan jasa yang bermanfaat bagi manusia melalui proses fermentasi, biasanya dilakukan secara sederhana dan diproduksi dalam jumlah yang tidak besar.
4. **Penerapan bioteknologi konvensional** seperti pembuatan tempe, kecap, tauco, yoghurt, keju, nata de coco, oncom, tape, roti, cuka, bioremediasi, dan pembuatan antibiotik penicillin.
5. **Bioteknologi modern** merupakan bioteknologi yang didasarkan pada manipulasi atau rekayasa DNA yang dilakukan dengan memodifikasi gen-gen spesifik dan memindahkannya pada organisme yang berbeda seperti bakteri, tumbuhan, dan hewan.



Bio Resume

6. **Penerapan bioteknologi modern** seperti kultur jaringan, rekayasa genetika (teknologi plasmid, fusi protoplasma), kloning, bayi tabung, inseminasi buatan. Selain itu pula menghasilkan protein sel tunggal, mikoprotein, padi transgenik, tembakau resisten terhadap TMV (Tobacco Mozaic Virus), pupuk organik, biosuplemen probiotik hewan ternak, vaksin dan hormon.
7. **Dampak positif penerapan bioteknologi** yaitu dapat mengatasi pencemaran lingkungan seperti limbah penambangan dengan penggunaan bakteri *Thiobacillus ferroxidans*, dapat menghasilkan varietas tanaman atau hewan baru yang memiliki sifat unggul dan adanya penemuan produk-produk baru seperti obat-obatan, vaksin, dan hormon yang bermanfaat bagi manusia.
8. **Dampak negatif penerapan bioteknologi** yaitu dapat menimbulkan kerusakan ekosistem yang akan berdampak pada kelangsungan hidup suatu organisme, hilangnya plasma nuftah dan terjadinya kesenjangan sosial ekonomi.



GLOSARIUM

- Agen** : Suatu perantara
- Anaerob** : suasana tidak memerlukan oksigen
- Anti inflammatory** : Senyawa yang dapat mengurangi radang (inflamasi)
- Anti Bacterial** : Suatu obat yang dapat mengendalikan pertumbuhan bakteri yang bersifat merugikan
- Anti Fungal** : Suatu obat yang dapat mengatasi infeksi jamur
- Antigen** : Molekul yang mampu menstimulasi respons imun
- Anti Viral** : Suatu obat yang dapat mengatasi infeksi virus
- Biokimia** : Ilmu yang mempelajari struktur, fungsi dan interaksi biomolekul yang menyusun sel, mekanisme reaksi katalisis enzim dan metabolisme sel pada tingkat molekuler dan informasi genetik.
- Biokontrol** : Pengendalian organisme pengganggu tumbuhan

- Bioremediasi** : Proses membersihkan atau menetralkan bahan-bahan kimia dan limbah secara aman menggunakan mikroorganisme
- Bioteknologi** : Ilmu dan teknologi terapan yang memanfaatkan makhluk hidup untuk memproduksi barang atau jasa yang dapat dimanfaatkan oleh manusia
- DNA** : Deoxyribo Nucleic Acid, asam nukleat yang memiliki kemampuan pewarisan sifat
- Embrio** : Bayi dalam proses kehamilan yang berawal dari persiapan pembuahan hingga terbentuknya bagian-bagian tubuh bayi di rahim
- Fermentasi** : Proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerob
- Fusi** : Proses penyatuan dua buah sel dari suatu spesies yang sama maupun berbeda
- Gen** : Materi genetik yang terdiri atas sepenggal DNA yang menentukan sifat individu
- Genetika** : Ilmu yang mempelajari mengenai pewarisan sifat (hereditas) dan variasi
- Hibridisasi** : Penyerbukan silang antara tetua yang berbeda susunan genetiknya
- Imunitas** : sistem kekebalan tubuh yang berperan dalam mendekripsi dan menghancurkan benda asing yang masuk ke tubuh seperti bakteri atau virus

In-vitro	: Suatu proses pembuahan sel telur oleh sel sperma di luar tubuh sang wanita
Interferon	: Protein yang dibentuk secara alami oleh sel sistem imun, seperti sel darah putih dan fibroblas
Khamir	: Mikroorganisme eukariot yang diklasifikasikan dalam kingdom Fungi
Kloning	: Metode untuk menghasilkan suatu individu yang secara genetik sama dengan melalui pencangkokan nukleus atau transfer inti
Kultivar	: Varietas tanaman yang dibudidayakan
Mikoprotein	: Bahan makanan kaya protein, kaya serat dan rendah kolesterol yang terbuat dari miselium jamur
Mikroba	: Makhluk hidup berukuran kecil yang tak kasat mata
Mikrobiologi	: Ilmu biologi yang mempelajari mengenai mikroorganisme
Monokultur	: Pertanian dengan menanam tanaman sejenis
Molekuler	: Studi biologi pada tingkat molekuler
Myeloma	: Sel kanker pada darah
Organisme	: Segala jenis makhluk hidup (mikroorganisme, tumbuhan, hewan dan manusia)

- Plasmid** : DNA berserat ganda yang berbentuk lingkaran dan mempunyai kemampuan untuk bereplikasi sendiri tanpa tergantung dari replikasi kromosom
- Protoplasma** : Bagian hidup dari sebuah sel yang dikelilingi oleh membran plasma
- Rekayasa** : Proses yang mengubah susunan dari suatu organisme dengan menghapus atau memasukkan DNA.
- Rekombinan** : Kombinasi atau penggabungan DNA dari spesies yang berbeda sehingga akan diperoleh organisme baru dengan sifat-sifat yang diinginkan
- Spesies** : Individu yang mempunyai persamaan secara morfologis, anatomic, fisiologis dan mampu saling kawin dengan sesamanya guna menghasilkan keturunan yang fertil (subur) untuk melanjutkan generasinya
- Steril** : Terbebas dari mikroorganisme kontaminan atau patogen (penyebab penyakit)
- Substrat** : Permukaan yang dijadikan sebagai tempat hidup suatu organisme
- Toksin** : Zat beracun yang diproduksi oleh makhluk hidup seperti bakteri atau jamur yang berpengaruh pada bahan pangan
- Totipotensi** : Kemampuan untuk membentuk tubuh secara lengkap dengan akar, batang, dan daun

- Transgenik** : Organisme hasil rekayasa genetika yang mengandung DNA dari spesies lain
 - Vektor** : Agen penyebab penyakitnya mengalami perkembangbiakan atau pertumbuhan secara bertahap
 - Viabilitas** : Kemungkinan untuk dapat hidup
 - Zigot** : Hasil peleburan sel telur dan sel sperma

DAFTAR PUSTAKA

- Aryulina, Diah, dkk. 2007. Biologi SMA dan MA untuk Kelas XII. Jakarta: Erlangga.
- Budiyanto, Mochammad Agus. 2011. Rekayasa Genetika dalam Proses Pembuatan Insulin sebagai Salah Satu Terapi Penyakit Diabetes Mellitus. Pondok Ilmu.
- Edutainment. 2020. Kepoin Pabrik Pembuatan Yoghurt Aneka Rasa. Trans 7.
- Erin, Grace. 2023. 5 Dampak Positif dan Negatif Penerapan Bioteknologi terhadap Lingkungan. Bobo ID.
- Faperta. 2021. Praktikum Teknik Persilangan Buatan Tanaman Padi (Dasar-Dasar Pemuliaan Tanaman). Universitas Andalas.
- Grid. 2021. Apa itu Bioteknologi dan Dampak Positif Negatifnya Bagi Kehidupan Manusia. Grid Kids.
- Herlina, Ida, dkk. 2009 . Biologi 3 Kelas XII SMA dan MA. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- IMS. 2018. Domba Dolly Hasil Kloning. Indonesia Morning Show.
- Imaningtyas. 2014. Biologi untuk SMA/MA Kelas XII Kelompok Peminatan Matematika dan Imu Alam. Jakarta: Erlangga.
- Kistinnah, Idun dan Endang Sri Lestari. 2009. Biologi Makhluk Hidup dan Lingkungannya SMA/MA. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.

- Kompas. 2017. Yuk Mengenal Program Bayi Tabung. Kompas TV.
- Kusumawati, Rohana dan Cut Windarsih. 2010 Buku Panduan Pendidik Biologi Untuk SMA/MA. Klaten: Intan Pariwara.
- Mulyati, Reni. 2008. Bioteknologi di Sekitar Kita. Klaten: Intan Pariwara.
- Munawir, 2020. Modul Pembelajaran SMA Biologi Kelas XII. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Nemirov, Andriy. 2019. Cystic Fibrosis Gene Therapy. Youtube.
- Pratiwi, Rida Bakti. 2018. Biologi SMA/MA. Bandung: Ymara Widya.
- Rachmawati, Faidah, Nurul Urifah dan Ari Wijayati. 2009. Biologi untuk SMA/MA kelas XII Program IPA. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Safitri, Ririn. 2016. Buku Guru Biologi untuk SMA/MA Kelas XII. Surakarta : Mediatama.
- Sari, Pipit Erlita. 2021. Sapi Jersey Penghasil Susu Creamy Bernutrisi. Star Farm Internasional.
- Sembiring, Langkah dan Sudjino. 2009. Biologi Kelas XII untuk SMA dan MA. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Subardi, Nuryani dan Shidik Pramono. 2008. Biologi Untuk Kelas XII SMA dan MA. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.

- Sulistyowati, Endah, dkk. 2014. Biologi untuk SMA/MA kelas XII Peminatan Matematika dan Ilmu-Ilmu Alam. Klaten : Intan Pariwara.
- Verianty, Woro Anjar. 2022. 10 Manfaat Bioteknologi Bagi Kehidupan Manusia, Pahami Juga Pengertiannya. Liputan 6.

PROFIL PENYUSUN



Nama lengkap Vina Destyara, lahir di Bogor pada tanggal 15 Januari 2002. Jenis kelamin perempuan dan beragama Islam. Penyusun merupakan anak ke 4 dari 4 bersaudara dari Bapak Subari dan Ibu Nurtaviani. Beralamat di Jalan Kemang Kiara, Gg. Masjid Al-Mubarokah RT 01 RW 04 No.62, Kecamatan Kemang, Kabupaten Bogor, Kode Pos 16310.

Pada tahun 2008 sampai tahun 2014, penyusun bersekolah di SD Negeri Semplak 1 yang beralamat di Jalan Raya Semplak No.48 Kecamatan Bogor Barat, Kota Bogor. Jenjang pendidikan yang ditempuh selanjutnya yaitu SMP Negeri 12 Bogor yang beralamat di Jalan Pemuda No.50 Kecamatan Tanah Sareal, Kota Bogor, lulus pada tahun 2017. Pada tahun 2017 sampai tahun 2020, penyusun bersekolah di SMA Taruna Terpadu yang beralamat di Jalan Raya Semplak Salabenda Belakang Telkom Bogor.

Pada tahun 2020, penyusun melanjutkan jenjang pendidikan tingkat Perguruan Tinggi Swasta di Universitas Pakuan yang beralamat di Jalan Pakuan, Tegallega, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor. Saat ini penyusun menduduki semester 6 dengan mengambil jurusan Pendidikan Biologi yang terdapat di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Organisasi yang diikuti saat ini yaitu Himpunan Mahasiswa Biologi *Lampyris*.



Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Pakuan