

## **KEGIATAN PEMBELAJARAN 1**

### **Prinsip-Prinsip Bioteknologi**

#### **A. Tujuan Pembelajaran**

Setelah kegiatan pembelajaran 1 ini diharapkan mampu:

1. Menjelaskan prinsip-prinsip bioteknologi
2. Membedakan bioteknologi tradisional dan modern.
3. Menganalisis penerapan bioteknologi di berbagai bidang.
4. Menjelaskan manfaat dan dampak bioteknologi bagi manusia.

#### **B. Uraian Materi**

##### **1. Pengertian dan Prinsip Dasar Bioteknologi**

Bioteknologi berasal dari kata Bio (hidup) dan Teknos (teknologi) yang berarti ilmu yang menerapkan prinsip-prinsip biologi. Secara klasik atau konvensional, bioteknologi berarti sebagai teknologi yang memanfaatkan organisme atau bagian-bagiannya untuk mendapatkan barang dan jasa dalam skala industri untuk memenuhi kebutuhan manusia.

Sementara itu, dalam perkembangan lebih lanjut bioteknologi dapat diratikan sebagai pemanfaatan prinsip-prinsip dan rekayasa terhadap organisme, sistem, atau proses biologi untuk meningkatkan potensi organisme maupun menghasilkan produk dan jasa bagi kepentingan hidup manusia.

##### **2. Jenis-jenis bioteknologi**

Menurut perkembangannya, secara umum bioteknologi dibagi menjadi dua jenis:

###### **a. Bioteknologi Konvensional (sederhana)**

Bioteknologi Konvensional adalah bioteknologi yang memanfaatkan organisme secara langsung untuk menghasilkan produk barang dan jasa yang bermanfaat bagi manusia. Bioteknologi ini masih sangat sederhana atau tradisional, karena teknik dan peralatan yang digunakan masih sederhana. Pada bioteknologi konvensional menggunakan mikroorganisme, proses biokimia, dan proses genetik alami. Manipulasi yang biasa dilakukan hanya pada media tumbuh (substrat) dan kondisi lingkungan belum sampai pada tahap rekayasa genetik, walaupun ada rekayasa genetik masih merupakan rekayasa genetik yang sederhana dan perubahan genetik yang dihasilkan tidak tepat sasaran.

Kelebihan dan kekurangan bioteknologi konvensional adalah sebagai berikut;

###### **1) Kelebihan :**

- a. Biaya produksi murah.
- b. Teknologi menggunakan peralatan sederhana.
- c. Pengaruh jangka panjang sudah diketahui.

###### **2) Kelemahan :**

- a. Perbaikan genetik tidak terarah.

- b. Memerlukan waktu relatif lama .
- c. Belum ada pengkajian prinsip-prinsip ilmiah.
- d. Hasil tidak dapat diperkirakan sebelumnya.
- e. Tidak dapat mengatasi mengatasi ketidaksesuaian genetic.
- f. Reproduksi dalam skala kecil.
- g. Proses relatif belum steril.
- h. Kualitas hasil belum terjamin.

Bioteknologi konvensional dimanfaatkan dalam beberapa bidang:

### 1) Bidang Makanan

Dalam bidang makanan Proses yang dibantu mikroorganisme, misalnya dengan fermentasi, hasilnya antara lain : yoghurt , keju , tempe, roti, kecap, ,cuka, dan sebagainya.

#### a) Yogurt

Yogurt 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. Proses penguraian ini disebut fermentasi asam laktat dan hasil akhirnya dinamakan.



**Gambar 1.** Yogurt  
[www.uniwiwied.com](http://www.uniwiwied.com)

#### b) 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 bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. 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 2.** Keju  
<http://www.sehat.com>

**c) Roti**

Pembuatan roti juga memanfaatkan peristiwa fermentasi yang dibantu oleh *yeast* atau khamir. *Yeast* merupakan sejenis jamur yang ditambah pada adonan tepung dan akan menimbulkan proses fermentasi. Proses ini akan menghasilkan gas karbondioksida dan alkohol.

Gas karbondioksida berperan dalam mengembangkan roti, sedangkan alkohol akan mempengaruhi 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.



**Gambar 3.** Roti  
Sumber: <http://www.dinimon.com>

**d) Kecap**

Kecap merupakan salah satu produk hasil bioteknologi yang terbuat dari kacang kedelai. Kedelai akan difermentasi dengan menggunakan jamur *Aspergillus wentii*. Kemudian dikeringkan dan direndam di dalam larutan garam. Pembuatan kecap dilakukan melalui proses perendaman kedelai dengan larutan garam, sehingga pembuatan kecap dinamakan fermentasi garam. Jamur *Aspergillus wentii* akan merombak protein menjadi asam amino, komponen rasa, asam, dan aroma khas.



**Gambar 4. Kecap**  
Sumber: <http://www.tokomesin.com>

**e) Tempe**

Tempe adalah makanan tradisional khas Indonesia yang sering dikonsumsi menjadi salah satu makanan favorit. Proses pembuatan tempe menggunakan teknik fermentasi. Fermentasi dilakukan dengan menumbuhkan jamur *Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus oligosporus* pada biji kedelai. Jamur akan menghasilkan benang-benang yang disebut dengan hifa. Benang-benang itu mengakibatkan biji-bijian kedelai saling terikat dan membentuk struktur yang kompak.



**Gambar 5. Tempe**  
[www.tasti-indonesian-food.com](http://www.tasti-indonesian-food.com)

**f) Cuka**

Bahan dasar pada proses pembuatan cuka adalah etanol yang dihasilkan oleh fermentasi anaerob oleh ragi. Bakteri yang digunakan, seperti *Acetobacter* dan *Gluconobacter*. Bakteri akan mengoksidasi etanol menjadi asam asetat.



**Gambar 6.** Cuka  
[www.tasti-indonesian-food.com](http://www.tasti-indonesian-food.com)

## 2) Bidang Pertanian

Di bidang pertanian, bioteknologi memberi andil dalam usaha pemenuhan kebutuhan makanan. Bioteknologi konvensional dalam bidang pertanian diantaranya adalah:

### a) Kultur Jaringan

kultur jaringan berarti membudidayakan suatu jaringan makhluk hidup menjadi individu baru yang mempunyai sifat sama seperti induknya.

Kultur jaringan tumbuhan dilakukan berdasarkan teori sel yang dikemukakan oleh Schleiden dan Schwann, yaitu sel tumbuhan mempunyai kemampuan totipotensi. Totipotensi adalah kemampuan setiap sel tumbuhan (dari bagian mana saja sel tersebut diambil) yang jika diletakkan dalam lingkungan yang sesuai, akan tumbuh menjadi tumbuhan yang sempurna. Kultur jaringan akan lebih besar keberhasilannya apabila menggunakan jaringan meristem.

### b) Pembastaran

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

### c) Hidroponik

Hidroponik adalah 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.

### 3) Bidang Industri

Di bidang industri misalnya teknik bioremediasi, yaitu suatu proses pengelolaan limbah yang mengandung zat-zat yang berbahaya (logam berat) menjadi limbah yang kurang berbahaya. Bioremediasi melibatkan mikroba tertentu, diantaranya *Xanthomonas campestris* dan *Pseudomonas foetida*. Caranya dengan melepaskan langsung bakteri tersebut ke limbah pabrik yang tercemar.

### 4) Bidang Pengobatan

Di bidang pengobatan, misalnya *antibiotik penisilin* yang digunakan untuk pengobatan, diisolasi dari bakteri dan jamur, dan vaksin yang merupakan mikroorganisme yang toksinnya telah dimatikan bermanfaat untuk meningkatkan imunitas.

### 5) Bidang Peternakan

Di bidang peternakan, misalnya pada domba *ankon* yang merupakan domba berkaki pendek dan bengkok, sebagai hasil mutasi alami dan sapi *Jersey* yang diseleksi oleh manusia agar menghasilkan susu dengan kandungan krim lebih banyak.

## b. Bioteknologi Modern

Kelebihan dan kekurangan bioteknologi modern antara lain :

#### 1. Kelebihan :

- a. Hasil dapat diperhitungkan.
- b. Dapat mengatasi kendala ketidaksesuaian genetik.
- c. Perbaikan genetic dapat dilakukan secara terarah.
- d. Menghasilkan individu yang memiliki sifat baru (tidak sama) dengan sifat alaminya.

#### 2. Kelemahan :

- a. Biaya produksi relative mahal.
- b. Menjadikan jenis tanaman mono kultur.
- c. Menyebabkan degradasi gen jenis lokal.
- d. Memerlukan teknologi canggih.
- e. Pengaruh jangka panjang belum diketahui.

Bioteknologi modern mempunyai peranan penting dalam bidang kedokteran sehingga semakin menonjol setelah adanya penelitian dan penerapan ilmiah. Bioteknologi modern dibidang kedokteran hampir sama dengan di bioteknologi konvensional tetapi hasilnya jauh lebih banyak dan lebih terjamin menggunakan bioteknologi modern karena dibantu oleh alat-alat canggih lainnya misalnya pembuatan antibodi monoklonal, vaksin, antibiotika, dan hormon.

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 pada tumbuhan

dan hewan. Terdapat 4 prinsip dasar bioteknologi, yaitu: Penggunaan agen biologi, menggunakan metode tertentu, dihasilkannya suatu produk turunan, dan melibatkan banyak disiplin ilmu.

Bioteknologi modern sangat erat dengan rekayasa genetika, karena manipulasi yang dilakukan bukan hanya pada kondisi lingkungan dan media tumbuh melainkan juga dilakukan pada susunan gen dalam kromosom makhluk hidup. Namun tidak semua penerapan bioteknologi modern menggunakan teknik rekayasa genetika, misalnya seperti kultur jaringan dan kloning. Kultur jaringan dan kloning dikatakan sebagai bioteknologi modern karena alat yang digunakan dalam prosesnya merupakan peralatan yang canggih. Rekayasa genetik bertujuan untuk menghasilkan organisme transgenik yakni organisme yang susunan gen dalam kromosomnya telah dirubah sehingga mempunyai sifat yang menguntungkan sesuai dengan yang dikehendaki. Sehingga dapat dikatakan bahwa hasil dari rekayasa genetic lebih terarah dan dapat diramalkan sebelumnya.

Bioteknologi modern dalam produksi pangan dilakukan dengan menerapkan teknik rekayasa genetik. Rekayasa genetik adalah kegiatan manipulasi gen untuk mendapatkan produk baru dengan cara membuat DNA baru. Manipulasi materi genetik dilakukan dengan cara menambah atau menghilangkan gen tertentu. Salah satu produk hasil rekayasa genetik adalah dengan membuat organisme transgenik.

### 1) Tanaman Transgenik

Tanaman transgenik adalah tanaman yang telah mengalami perubahan susunan informasi genetik dalam tubuhnya. Tanaman ini merupakan suatu alternatif agar tanaman tahan terhadap hama sehingga hasil panen dapat melimpah. Bahkan, tanaman juga dapat direkayasa agar mampu membunuh hama yang menyerang tumbuhan tersebut.



**Gambar 7.** Contoh-contoh tanaman transgenik

[www.slideplayer.biz.tr](http://www.slideplayer.biz.tr)

Untuk membuat suatu tanaman transgenik, dilakukan beberapa tahapan

- a) pertama-tama dilakukan identifikasi atau pencarian gen yang akan menghasilkan sifat tertentu (sifat yang diinginkan).
- b) Gen yang diinginkan dapat diambil dari tanaman lain, hewan, cendawan, atau bakteri.
- c) Pada tahapan kloning gen, DNA asing akan dimasukkan ke dalam vektor kloning (agen pembawa DNA), contohnya plasmid (DNA yang digunakan untuk transfer gen).
- d) Kemudian, vektor kloning akan dimasukkan ke dalam bakteri sehingga DNA dapat diperbanyak seiring dengan perkembangbiakan bakteri tersebut.
- e) Apabila gen yang diinginkan telah diperbanyak dalam jumlah yang cukup maka akan dilakukan transfer gen asing tersebut ke dalam sel tumbuhan yang berasal dari bagian tertentu, salah satunya adalah bagian daun.
- f) Transfer gen ini dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu metode senjata gen, metode transformasi DNA yang diperantarai bakteri *Agrobacterium tumefaciens*, dan elektroporasi (metode transfer DNA dengan bantuan listrik).

Beberapa tanaman transgenik telah diaplikasikan untuk menghasilkan tiga macam sifat unggul, yaitu tahan hama, tahan herbisida, dan buah yang dihasilkan tidak mudah busuk.

## 2) Hewan Transgenik

Selain tumbuhan transgenik, juga ada hewan-hewan transgenik. Pada awalnya hewan transgenik merupakan bahan penelitian para ilmuwan untuk menemukan jenis penyakit yang menyerang hewan tertentu dan cara penanggulangannya. Perkembangan selanjutnya, penerapan teknologi rekayasa genetik pada hewan bertujuan untuk menghasilkan hewan ternak yang memproduksi susu dan daging yang berkualitas, ikan yang cepat besar dan mengandung vitamin tertentu, dan sebagainya.



**Gambar 8.** Contoh-contoh hewan transgenik  
www.guruipa.com

## 3. Teknik yang digunakan dalam bioteknologi modern.

Pada bioteknologi konvensional prosesnya melibatkan reaksi fermentasi dalam menghasilkan suatu produk, lain halnya dengan bioteknologi modern sudah melibatkan teknik rekayasa genetika yaitu dengan menggunakan teknik DNA rekombinan yaitu teknik mengubah susunan DNA suatu organisme dengan menyisipkan gen asing ke organisme tersebut sehingga diperoleh sifat baru yang tidak dimiliki sebelumnya. Teknik ini digunakan untuk menghasilkan organisme transgenik.

Proses DNA rekombinan meliputi :

**a. Isolasi DNA**

Dilakukan untuk menyeleksi DNA yang dikehendaki.

Langkah-langkah proses isolasi DNA, berikut:

1) Isolasi jaringan

Langkah pertama mengisolasi jaringan yang akan digunakan

2) Pelisisan dinding sel dan membrane sel

Melisiskan dinding dan membrane sel dengan penggerusan (homogenasi), sentrifugasi dengan kecepatan lebih dari 1000 rpm atau dengan menggunakan larutan pelisis sel atau buffer ekstraksi. Inti sel harus dilisiskan, karena substansi gen yang diinginkan ada didalamnya. Larutan pelisis sel ini bertujuan untuk melisiskan sel yang tidak mengandung DNA agar sel yang mengandung inti sel dapat diisolasi atau dipisahkan dari komponen-komponen sel lainnya yang tidak berfungsi

3) Pengekstrasian dalam larutan

Supernatan yang terbentuk dibuang dan kemudian dilakukan ekstraksi di dalam larutan, hal tersebut bertujuan agar di dapat ekstrak

4) Purifikasi

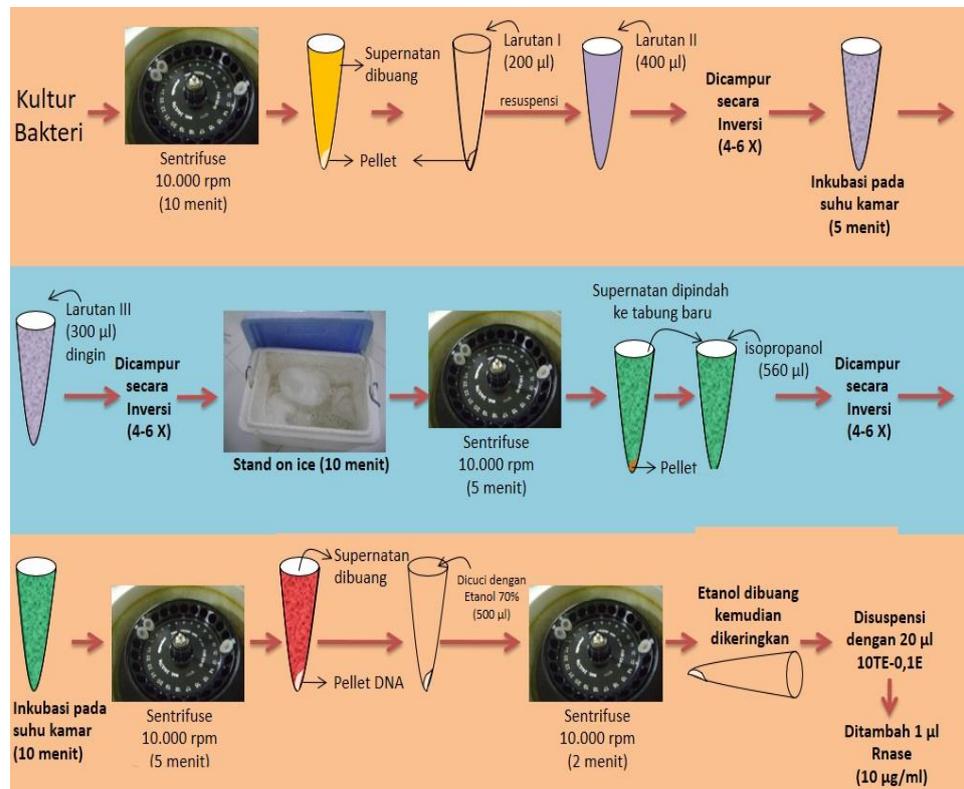
Pada tahap ini dilakukan pembersihan hasil ekstrak dan zat-zat lainnya. Pada larutan diberikan RNase dan diinkubasi selama 10 menit pada suhu 65°C, hal ini bertujuan agar mengoptimalkan kerja enzim. Penambahan RNase berguna untuk menyingkirkan kontaminasi RNA sehingga DNA dapat diisolasi secara utuh.

5) Presipitasi

Bertujuan untuk mengendapkan protein histon, sehingga untai DNA tidak lagi menggulung dan berikatan dengan protein histon sehingga DNA dapat terlihat. Tahap ini dilakukan dengan cara meneteskan larutan presipitasi dan kemudian di vortex sehingga larutan homogen.

Protein presipitasi terdiri dari asam asetat yang jika berikatan dengan protein mengakibatkan terbentuknya senyawa baru dengan kelarutan lebih rendah, sehingga menyebabkan protein mengendap. Larutan kemudian di sentrifugasi untuk memisahkan substansi berdasarkan berat jenis molekul, substansi yang lebih berat akan berada di dasar, yang lebih ringan akan terletak di atas.

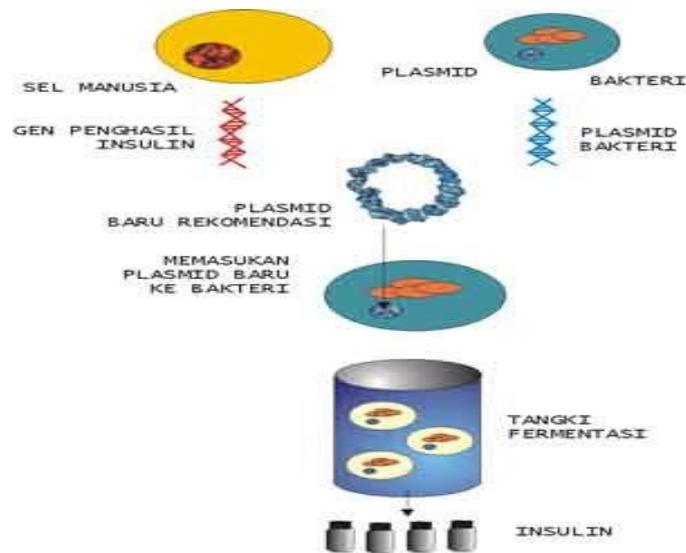
Berikut ini gambar dari teknik isolasi DNA.



Gambar 9. Teknik Isolasi DNA  
[www.biofilimu.wordpress.com](http://www.biofilimu.wordpress.com)

**b. Transplantasi Gen atau DNA**

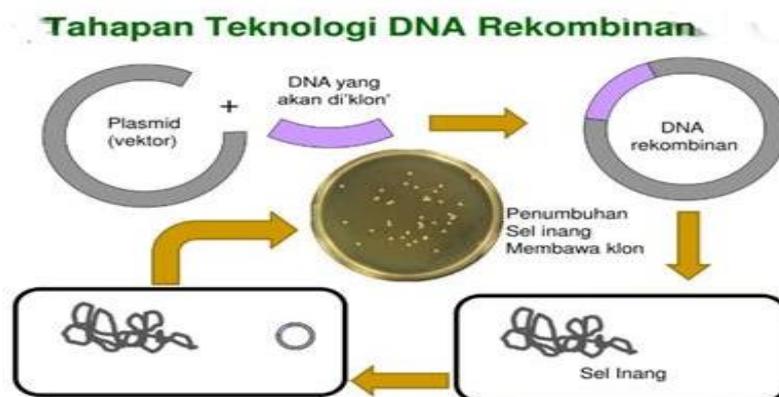
Transplantasi gen dilakukan dengan cara menyambung gen yang telah diisolasi ke dalam DNA plasmid vektor menggunakan enzim ligase. Enzim ligase mampu menyambung ujung-ujung nukleotida dan hasil penyambungan ini disebut DNA rekombinan yang mengandung DNA asli vektor dan DNA asing yang diinginkan. Berikut ini gambar tentang proses transplantasi gen.



Gambar 10. proses transplantasi gen  
[www.biologigonz.blogspot.com](http://www.biologigonz.blogspot.com)

**c. Memasukkan DNA Rekombinan ke dalam sel hidup**

DNA rekombinan dimasukkan ke vector sel bakteri ataupun virus melalui pemanasan dalam larutan NaCl atau melalui elektroporasi. Sel bakteri atau virus tersebut melakukan replikasi dengan cara membelah diri sehingga diperoleh DNA rekombinan dalam jumlah banyak. Berikut ini gambar dari proses rekombinasi gen.



Gambar 11 Tahapan Tehnologi DNA Rekombinan  
[www.slideplayer.info](http://www.slideplayer.info)

Selain teknik rekayasa genetika yang digunakan dalam bioteknologi modern, ada juga teknik-teknik lain yang dapat menghasilkan produk unggul, yaitu :

**a. Kultur jaringan**

Kultur jaringan merupakan teknik perbanyakan tanaman secara vegetatif buatan yang didasarkan pada sifat totipotensi tumbuhan.

Prinsip kultur jaringan adalah menumbuhkan jaringan maupun sel tumbuhan dalam suatu media buatan secara aseptik. Secara teori dikatakan bahwa setiap sel tumbuhan mempunyai kemampuan untuk tumbuh menjadi individu baru

apabila ditempatkan pada lingkungan yang sesuai. Sifat individu baru yang dihasilkan sama persis dengan sifat induknya.

Bagian tumbuhan yang ditumbuhkan dalam media kultur disebut eksplan, dan media yang biasa digunakan adalah media agar-agar yang diberi tambahan unsur hara dan vitamin serta hormone pertumbuhan.

Aspek bioteknologi yang penting pada tanaman adalah *kultur jaringan tumbuhan*. Kultur jaringan tumbuhan merupakan **dengan Kultur** salah satu teknik kloning tumbuhan. Suatu klon tumbuhan **Jaringan dan** merupakan populasi tumbuhan yang diproduksi secara aseksual dari satu nenek moyang. **Rekayasa Genetika** Kultur jaringan tumbuhan (mikropropagasi) adalah bentuk perbanyakan (propagasi) tumbuhan secara vegetatif dengan memanipulasi jaringan somatik (jaringan tubuh) tumbuhan di dalam kultur aseptik (bebas kuman) dengan lingkungan terkontrol.

Kultur jaringan tumbuhan utuh dapat dihasilkan dari bagian atau potongan akar, batang, atau daun yang disebut *eksplan* yang masih hidup.

Eksplan dapat membentuk tumbuhan yang utuh (*plantlet*) karena adanya sifat totipotensi. Totipotensi pada tumbuhan merupakan kemampuan sel tumbuhan untuk berkembang menjadi tumbuhan yang utuh. Pada tumbuhan, semua bagian sel-sel mudanya yang masih aktif, misalnya ujung akar, ujung batang, dan meristem sekunder (kambium) merupakan sel yang totipoten.

Potongan jaringan tumbuhan yang terdiri atas sejumlah kecil sel-sel pada medium kultur yang sesuai dan dibiarkan tumbuh menjadi massa sel yang belum terdiferensiasi disebut sebagai kalus. Medium kultur membutuhkan gula, garam-garam anorganik, nitrogen organik, dan unsur-unsur mikro. Di dalam medium ditambahkan juga hormon pertumbuhan untuk tumbuh, yaitu auksin dan sitokinin. Komposisi yang tepat dari medium kultur tergantung pada spesies tumbuhan yang akan di klon.

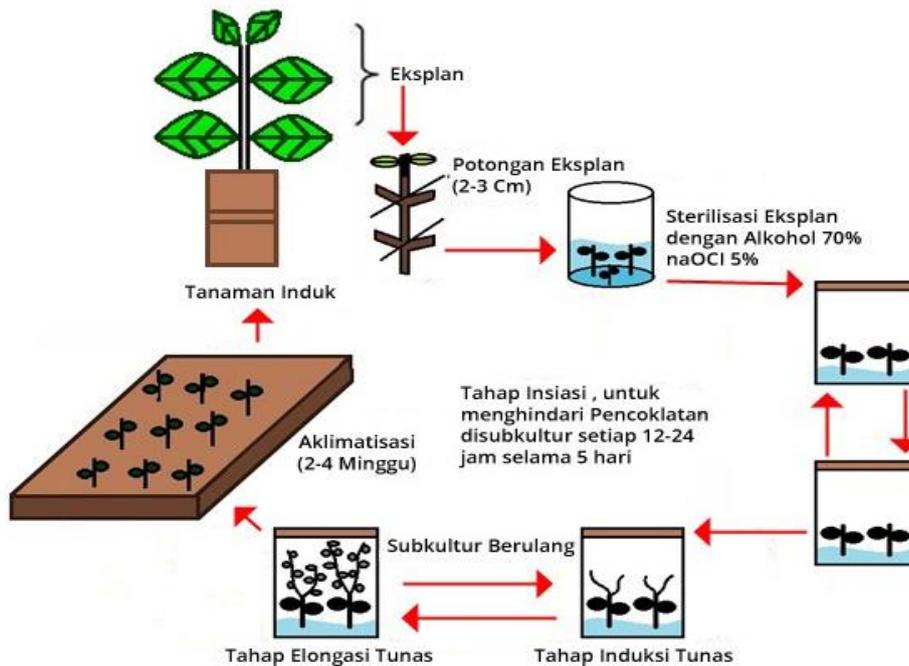
Rangkaian tahap kultur jaringan sebagai berikut :

1. Sterilisasi eksplan dengan cara merendam eksplan dalam bahan kimia (sterilan) selama beberapa menit, lalu cuci dengan air steril.
2. Penanaman eksplan pada media kultur pada medium agar yang telah dibuat.
3. Meletakkan botol yang berisi eksplan dalam ruangan yang suhu dan penyinaran terkontrol hingga terbentuk kalus.
4. Subkultur dilakukan beberapa kali sampai kalus tumbuh menjadi plantlet.
5. Plantlet dikeluarkan dari botol dan akarnya dibersihkan dengan air bersih.
6. Plantlet ditanam kedalam pot-pot kecil dan diletakkan ditempat yang tidsk tertera saat sudah kembali un ta bawah.
7. Apabila plantlet sudah tumbuh kuat tanaman bias dipindahkan ke media tanah atau lahan pertanian yang terkena sinar matahari.

Keunggulan-keunggulan teknik kultur jaringan sebagai berikut :

1. Tidak memerlukan lahan luas untuk memproduksi banyak bibit tanaman.
2. Menghasilkan bibit tanaman yang sifatnya identik dengan sifat induknya.

3. Menghasilkan bibit tanaman dalam jumlah banyak dan dalam waktu singkat. Berikut ini gambar contoh proses kultur jaringan.

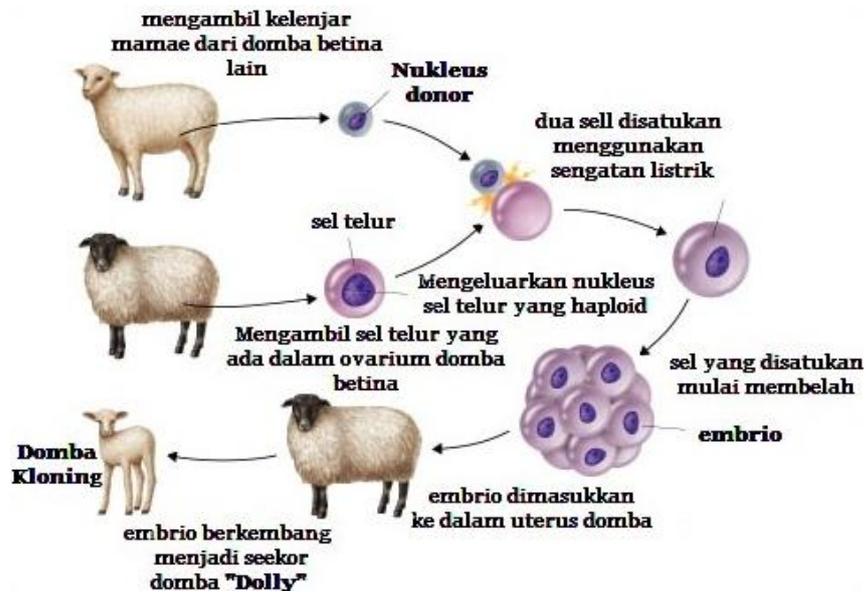


Gambar 12. Tehnik Kultur Jaringan  
Sumber: pustekom.kemdikbud

### b. Kloning

Kloning atau tranpalantasi atau pencangkakan nukleus digunakan untuk menghasilkan individu yang secara genetik 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.

Berikut ini contoh gambar proses kloning pada hewan.

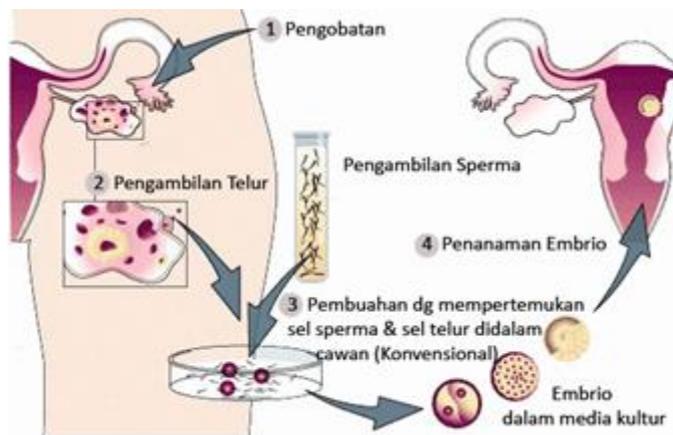


Gambar 13. Proses Kloning Pada Hewan  
 Sumber : <https://www.slideshare.net>

**c. Teknik Bayi Tabung**

Teknik bayi tabung bertujuan untuk membantu pasangan suami istri yang sulit memperoleh keturunan. Hal ini dikarenakan berbagai faktor yang mungkin dialami oleh pasangan suami dan istri tersebut sehingga mengakibatkan pembuahan tidak dapat terjadi, misalnya, tersumbatnya saluran telur.

Pembuahan pada bayi tabung terjadi di luar tubuh induk betina (fertilisasi in vitro). Sel telur yang telah dibuahi akan membentuk embrio. Selanjutnya embrio ditanam (diimplantasi) pada rahim seorang wanita yang diambil sel telurnya. Embrio tersebut tumbuh menjadi anak yang siap dilahirkan. Berikut gambar contoh proses teknik bayi tabung.



Gambar 14. Proses Tehnik Bayi Tabung  
 Sumber : <https://nakita.grid.id>

**d. Fusi Protoplasma**

Fusi protoplasma disebut juga teknologi hibridoma yaitu teknik penggabungan dua sel yang berasal dari jaringan berbeda sehingga menghasilkan sel hibrid yang memiliki sifat kedua sel tersebut. Penggabungan sel terjadi dalam suatu medan listrik. Teknik ini digunakan untuk menghasilkan organisme transgenik. Teknik fusi protoplasma sebagai berikut :

1. Menyiapkan protoplasma dari tumbuhan.
2. Menghilangkan dinding sel tumbuhan dan mengisolasi protoplasmanya.
3. Menguji viabilitas (aktivitas hidup) protoplasma yang diperoleh.
4. Melakukan fusi protoplasma dalam suatu medan listrik.
5. Menyeleksi hasil fusi protoplasma.
6. Membiakkan hasil fusi protoplasma yang dikehendaki.

Fusi protoplasma pada sel hewan atau manusia dimanfaatkan untuk menghasilkan hibridoma (sel hibrid). Misalnya hasil fusi antara sel pembentuk antibodi (sel limfosit B) dengan sel meloma (sel kanker). Sel hibridoma yang dihasilkan dapat membelah secara tidak terbatas seperti sel kanker, tetapi juga menghasilkan sel antibodi seperti limfosit B. Setiap sel hibridoma menghasilkan antibodi yang sifatnya khas sehingga hibridoma yang dihasilkan harus diseleksi terlebih dahulu untuk selanjutnya digunakan. Berikut ini contoh gambar fusi protoplasma.

**e. Mikroorganisme sebagai Pembasmi Hama Tanaman**

Banyak bakteri yang hidup sebagai parasit pada jenis organisme saja dan tidak mengganggu atau merugikan organisme jenis lainnya. Sifat mikroorganisme semacam ini dapat dimanfaatkan dalam Bioteknologi pembasmi hama atau dikenal dengan *biological control*. Contohnya, adalah bakteri hasil rekayasa yang disebut *bakteri minumes*, merupakan keturunan dari *Pseudomonas*. Bakteri ini dapat melawan pembentukan es selama musim dingin. Contoh lain adalah penggunaan bakteri *Bacillus thuringensis* yang patogen terhadap ulat hama tanaman. Pengembangan bakteri memberikan banyak keuntungan. Pembasmi ulat hama dengan menggunakan *Bacillus thuringensis* ternyata tidak menimbulkan dampak negatif kepada lingkungan serta tidak meninggalkan residu.

Cara lain mengatasi hama tanaman adalah dengan menghambat perkembangbiakan hewan hama. Caranya adalah menyemprotkan *feromon insekta* pada lahan pertanian. *Feromon* adalah substansi yang dikeluarkan hewan dan menyebabkan

**f. Peran Mikroorganisme dalam Mengatasi Pencemaran**

Salah satu dampak dari peledakan jumlah penduduk dan perkembangan teknologi adalah pencemaran terhadap lingkungan. Sebenarnya, pada batas-batas tertentu lingkungan sekitar kita masih mampu membersihkan dirinya dari segala macam zat pencemar. Namun, kalau jumlahnya sudah melebihi kemampuan lingkungan, maka untuk mengatasinya memerlukan keterlibatan manusia.

Untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan ini, para pakar telah mencoba merekayasa mikroba untuk mendapatkan strain mikroba yang membantu mengatasi pencemaran, khususnya pencemaran limbah beracun. Apabila konsentrasinya berada di atas ambang batas, maka akan mengancam kelangsungan organisme yang lain.

Yang dikembangkan saat ini antara lain, penanganan limbah oleh mikroorganisme yang mampu menghasilkan gas hidrogen. Mikroba tersebut adalah *Clostridium butyrium*. Dalam hal ini, bakteri akan mencerna dan menguraikan gula serta menghasilkan gas hidrogen. Gas ini dapat digunakan sebagai bahan bakar yang tidak menimbulkan polusi.

#### **g. Mikroorganisme sebagai Pemisah Logam dari Bijihnya**

Selama ribuan tahun, penyulingan minyak atau mineral dan memisahkan tembaga dari bijih yang berkualitas rendah dengan proses *leaching* atau meluluhkan. Pada 1957, berhasil dikembangkan teknik pemisahan tembaga dari bijinya dengan menggunakan jasa bakteri.

Bakteri yang dapat memisahkan tembaga dari bijihnya adalah *Thiobacillus ferrooxidans* yang berasal dari hasil oksidasi senyawa anorganik khususnya senyawa besi dan belerang. Bakteri ini termasuk jenis bakteri *khemolitotrop* atau bakteri pemakan batuan. Bakteri *khemolitotrop* tumbuh subur pada lingkungan yang miskin senyawa organik, karena mampu mengekstrak karbon langsung dari CO<sub>2</sub> di atmosfer.

Proses pemisahan tembaga dari bijihnya berlangsung sebagai berikut:

- Bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* mengoksidasi senyawa besi belerang (besi sulfida) di sekelilingnya. Proses ini membebaskan sejumlah energi yang digunakan untuk membentuk senyawa yang diperlukannya. Selain energi, proses oksidasi tersebut juga menghasilkan senyawa asam sulfat dan besi sulfat yang dapat menyerang batuan di sekitarnya serta melepaskan logam tembaga dari bijihnya. Jadi, aktivitas *Thiobacillus ferrooxidans* akan mengubah tembaga sulfida yang tidak larut dalam air menjadi tembaga sulfat yang larut dalam air.
- Pada saat air mengalir melalui bebatuan, senyawa tembaga sulfat (CuSO<sub>4</sub>) akan ikut terbawa dan lambat laun terkumpul pada kolam berwarna biru cemerlang.

Proses pemisahan logam dari bijihnya secara besar-besaran dapat dijelaskan sebagai berikut.

- Bakteri ini secara alami terdapat di dalam larutan peluluh. Penambang tembaga akan menggerus batu pengikat logam atau tembaga dan akan menyimpannya ke dalam lubang tempat buangan. Kemudian, mereka menuangkan larutan asam sulfat ke tempat buangan tersebut. Saat larutan peluluh mengalir melalui dasar tempat buangan, larutan peluluh akan mengandung tembaga sulfat. Selanjutnya, penambang akan menambah logam besi ke dalam larutan peluluh. Tembaga sulfat akan bereaksi dengan besi membentuk besi sulfat yang mampu memisahkan logam tembaga dari bijinya.



Secara umum, *Thiobacillus ferrooxidans* membebaskan tembaga dari bijih tembaga dengan cara bereaksi dengan besi dan belerang yang melekat pada batuan sehingga batuan mengandung senyawa besi dan belerang, misalnya  $\text{FeS}_2$ . Saat larutan peluluh mengalir melalui batu pengikat bijih, bakteri mengoksidasi ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan mengubahnya menjadi  $\text{Fe}^{3+}$ .

Unsur belerang yang terdapat dalam senyawa  $\text{FeS}_2$  dapat bergabung dengan ion  $\text{H}^+$  dan molekul  $\text{O}_2$  membentuk asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Bijih yang mengandung tembaga dan belerang, misalnya  $\text{CuS}$ , ion  $\text{Fe}^{3+}$  akan mengoksidasi ion  $\text{Cu}^+$  menjadi tembaga divalen atau  $\text{Cu}^{2+}$ . Selanjutnya, bergabung dengan ion sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) yang diberikan oleh asam sulfat untuk membentuk  $\text{CuSO}_4$ . Dengan cara tersebut, bakteri tersebut mampu menghasilkan tembaga kelas tinggi. Selain itu, bakteri pencuci, seperti *Thiobacillus* juga dapat digunakan untuk memperoleh logam berkualitas tinggi, seperti emas, galium, mangan, kadmium, nikel, dan uranium.

#### h. Rekayasa Genetika

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) ini digunakan untuk penentuan urutan asam-asam amino pembentuk protein (enzim). Pengetahuan ini memungkinkan manipulasi sifat makhluk hidup atau manipulasi genetik untuk menghasilkan makhluk hidup dengan sifat yang diinginkan. Manipulasi atau perakitan materi genetik dengan menggabungkan dua DNA dari sumber yang berbeda akan menghasilkan DNA rekombinan.

Penggunaan DNA dalam rekayasa genetika untuk menggabungkan sifat makhluk hidup, karena DNA mengatur sifat-sifat makhluk hidup yang dapat diturunkan dan struktur DNA dari makhluk hidup apapun adalah sama.

Ada beberapa cara untuk mendapatkan DNA rekombinan melalui rekayasa genetika, di antaranya adalah teknologi plasmid, fusi sel (teknologi hibridoma), dan transplantasi inti.

#### i. Teknologi Plasmid

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

Selain itu, plasmid juga dapat 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.

Contoh aplikasi penggunaan teknologi plasmid yang telah dikembangkan manusia adalah produksi insulin secara besar-besaran. Insulin dibuat di dalam

tubuh manusia dengan dikontrol oleh gen insulin. Insulin ini kemudian diambil dari pulau langerhans tubuh manusia, lalu disambungkan ke dalam plasmid bakteri. Untuk menghubungkan gen insulin dengan plasmid diperlukan rekombinasi genetik. Dalam rekombinasi DNA dilakukan pemotongan dan penyambungan DNA.

Proses pemotongan dan penyambungan tersebut menggunakan enzim pemotong dan penyambung. Enzim pemotong dikenal sebagai enzim restriksi atau enzim penggunting yang bernama *restriksi endonuklease*. Enzim pemotong ini jumlahnya banyak dan setiap enzim hanya dapat memotong urutan basa tertentu pada DNA. Hasil pemotongannya berupa sepenggal DNA berujung runcing yang komplemen. Selanjutnya, DNA manusia yang diinginkan disambungkan ke bagian benang plasmid yang terbuka dengan menggunakan enzim ligase DNA yang mengkatalis ikatan fosfodiester antara dua rantai DNA.

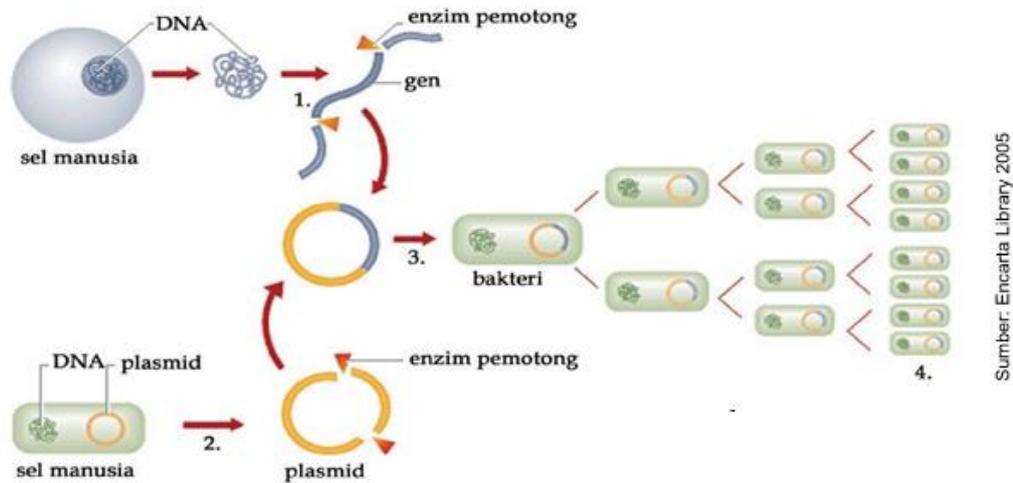
Potongan DNA antara gen manusia dengan benang plasmid ini bisa menyambung karena endonuklease yang digunakan untuk memotong DNA manusia dan benang plasmid tersebut sama jenisnya. Sehingga, dihasilkan ujung-ujung yang sama strukturnya.

Gen manusia dan plasmid yang telah menyatu membentuk lingkaran plasmid ini disebut *kimera* ( DNA rekombinan ). Kimera tersebut kemudian dimasukkan ke dalam sel target *E. coli*. Bakteri ini akan hidup normal dan memiliki tambahan yang sesuai dengan sifat gen yang disisipkan. Bakteri *E. coli* kemudian di kultur untuk dikembangbiakkan. Bakteri tersebut kemudian mampu menghasilkan hormon insulin manusia.

Hormon insulin ini akhirnya dapat dipanen untuk digunakan oleh orang yang membutuhkannya. Keuntungan dari insulin hasil rekayasa genetik ini adalah insulin tersebut , penyatuan dua sel dari jaringan atau spesies yang sama atau berbeda sehingga dihasilkan sel tunggal yang mengandung gen-gen dari kedua sel yang berbeda tersebut. Sel tunggal ini dinamakan *hibridoma* yang mempunyai sifat-sifat kedua sel.

Contoh penggunaan teknologi hibridoma adalah produksi antibodi dalam skala besar. Antibodi adalah protein yang dihasilkan oleh sel limfosit B atau sel T yang bertugas melawan setiap benda asing (anti gen) yang masuk kedalam tubuh. Anti bodi tertentu akan melawan antigen tertentu pula. Dalam proses fusi sel, sel B atau sel T dijadikan sebagai sel sumber gen yang memiliki sifat yang diinginkan, yaitu mampu memproduksi anti bodi. Sedangkan, sel wadah atau sel target digunakan sel mieloma atau sel kanker yang mampu membelah diri dengan cepat dan tidak membahayakan manusia. Kemudian, sel B atau sel T difusikan dengan sel mieloma. Untuk mempercepat fusi sel, digunakan fusi gen (zat yang mempercepat terjadinya fusi). Contoh fusi gen adalah  $CSCl^{++}$ , polietilenglikol (PEG), virus, dan  $NaNO_3$ . Hasil fusi antara sel limfosit B dengan sel mieloma menghasilkan hibridoma yang memiliki gen penghasil antibodi seperti induknya (sel B) dan dapat membelah dengan cepat seperti sel mieloma.

Manfaat teknologi hibridoma yang lain, misalnya dalam pemetaan genom manusia dan menyilangkan spesies secara genetik dalam sel eukariotik.



Gambar.16 Proses pembuatan insulin dengan teknologi plasmid  
<http://lensapejalan.blogspot.com/>

#### j. Transplantasi Inti (nukleus)

Transplantasi inti (nukleus) ialah pemindahan inti dari sel satu ke sel yang lain. Sehingga diperoleh individu baru yang mempunyai sifat sesuai dengan inti yang diterima.

Transplantasi nukleus contohnya pada sel domba. Nukleus dari sel-sel ambing domba yang diploid dimasukkan ke dalam ovum tanpa inti sehingga terbentuk ovum berinti diploid dari ambing domba. Kemudian ovum melakukan pembelahan mitosis berulang kali menghasilkan *morula*, kemudian *blastula*. Lalu *blastula* diklonkan menjadi banyak sel dan inti dari setiap sel diambil untuk dimasukkan ke dalam ovum tak berinti yang berbeda sehingga terbentuk ovum diploid dalam jumlah banyak. Masing-masing ovum dikultur secara *in vitro* dan akhirnya setiap ovum menjadi individu baru yang memiliki sifat dan jenis kelamin yang sama.

*E. coli* dipilih sebagai sel target karena *E. coli* mudah diperoleh dan dipelihara, tidak mengandung gen yang membahayakan dan dapat membelah diri setiap 20 menit sekali.

### C. Rangkuman

1. Bioteknologi berasal dari istilah Latin, yaitu *Bio* (hidup), *tekno* (teknologi = penerapan), dan *logos* (ilmu). Artinya, ilmu yang mempelajari penerapan prinsip-prinsip biologi.
2. 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.
3. Terdapat 4 prinsip dasar bioteknologi, yaitu: Penggunaan agen biologi, menggunakan metode tertentu bioteknologi merupakan upaya-upaya yang dapat dilakukan oleh manusia untuk memperoleh produk-produk yang dapat bermanfaat dalam kehidupan. 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 pada tumbuhan dan hewan.

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

### Penerapan Bioteknologi

#### A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 2 ini diharapkan mampu:

1. Memberi contoh-contoh penerapan bioteknologi di berbagai bidang.
2. Mengidentifikasi dampak penerapan bioteknologi.

#### B. Uraian Materi

##### 1. Penerapan bioteknologi

Saat ini bioteknologi sudah dikembangkan di berbagai bidang dengan tujuan untuk menghasilkan produk barnag dan jasa yang memberikan manfaat bagi manusia.

###### a. Bidang pangan

Dalam bidang pangan, bioteknologi konvensional telah banyak menghasilkan produk yang sudah sering dikonsumsi oleh manusia, diantaranya tempe, kecap, tapai, roti, yoghurt, keju, mentega, minuman beralkohol, sayuran fermentasi (acar), nata de coco. Bioteknologi modern dalam pangan misalnya berupa PST (protein sel tunggal) dan mikroprotein.

###### 1) Protein Sel Tunggal (PST)

PST adalah suatu istilah untuk menyebut protein yang berasal dari organisme uniseluler dan multiseluler yang strukturnya sederhana. PST dapat dibuat dari bakteri, alga maupun jamur.

Mikroorganisme penghasil PST mempunyai beberapa keunggulan sebagai berikut:

- 1) Mempunyai kemampuan berkembang biak relatif cepat.
- 2) Mempunyai kandungan protein lebih tinggi dari protein hewan/tumbuhan.
- 3) Dapat menggunakan substrat limbah sebagai media kultur.

Mikroba yang dapat digunakan untuk membuat PST adalah *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida utilis*. Protein yang dihasilkan kedua mikrob ini mengandung asam nukleat tinggi sehingga tidak cocok bagi manusia. PST yang dihasilkan dari kedua mikrob hanya digunakan sebagai suplemen makanan ternak. Mikroba lainnya yang digunakan adalah *Spirulina* dan *Chlorella*.

###### 2) Mikoprotein

Mikoprotein merupakan bahan makanan sumber protein yang berasal dari miselium jamur.

###### b. Bidang pertanian dan peternakan

Bidang pertanian:

- 1) Padi transgenik

Contoh : padi rojolele transgenik yang mampu mengekspresikan laktoferin dan tanaman padi yang tahan terhadap cuaca dingin. Cara mendapatkan tanaman padi yang tahan terhadap cuaca dingin yaitu dengan memasukkan gen tahan dingin dari hewan yang hidup di tempat dingin ke dalam kromosom tanaman padi.

2) Tembakau resisten terhadap virus

Contoh : tanaman tembakau yang tahan terhadap penyakit TMV. Untuk mendapatkannya dilakukan dengan cara menggabungkan plasmid T dengan gen yang tahan terhadap penyakit TMV dan dimasukkan ke kromosom tembakau. Kromosom tersebut diperbanyak melalui teknik kultur jaringan.

3) Bunga antilayu

Contoh: bunga anyelir transgenik yang mampu bertahan segar selama 3 minggu, sementara itu, anyelir normal hanya mampu bertahan selama 3 hari.

4) Buah tanpa busuk

Contoh : Buah yang tetap segar dalam waktu yang lama. Untuk mendapatkannya dilakukan dengan cara menghambat kerja dari gen penghasil etilen.

5) Tanaman kapas antiserangga

Tanaman kapas ini diperoleh dengan memasukkan gen delta endotoksin *Bacillus thuringiensis* ke tanaman kapas melalui teknik DNA rekombinan. Tanaman tersebut akan memproduksi protein delta endotoksin yang akan bereaksi dengan enzim yang diproduksi lambung serangga, sehingga enzim tersebut akan berubah menjadi racun. Jika serangga memakan tanaman tersebut maka akan mengalami keracunan hingga mati.

6) Pembuatan pupuk organik

Contoh : pupuk superfosfat yang dibuat melalui teknologi Bio-SP menggunakan mikroorganisme pelarut fosfat.

**c. Bidang peternakan**

1) Sapi perah dengan hormon manusia, contoh: sapi Herman

Sapi Herman merupakan contoh teknologi DNA rekombinan. Teknik ini dilakukan dengan menyisipkan gen laktiferin dari manusia yang akan memproduksi HLF (Hunan laktiferin) kepada sapi perah. Dengan penyisipan akan dihasilkan sapi yang mengandung laktiferin.

2) Bovin Somatotrop

Teknologi ini dilakukan dengan menyisipkan gen somatotropin sapi pada plasmid *Escherichia coli* untuk menghasilkan BST, BST yang ditambahkan pada makanan ternak sehingga dapat meningkatkan produksi daging dan susu ternak.

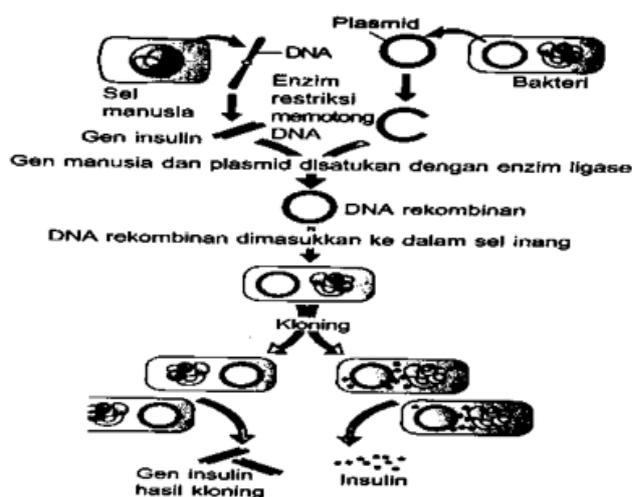
**d. Bidang Kedokteran**

1) Antibiotik

Pembuatan antibiotik termasuk penerapan bioteknologi konvensional. Antibiotik adalah senyawa yang dihasilkan oleh mikroorganisme untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme lain. Mikroorganisme yang dimanfaatkan menghasilkan antibiotik antara lain :

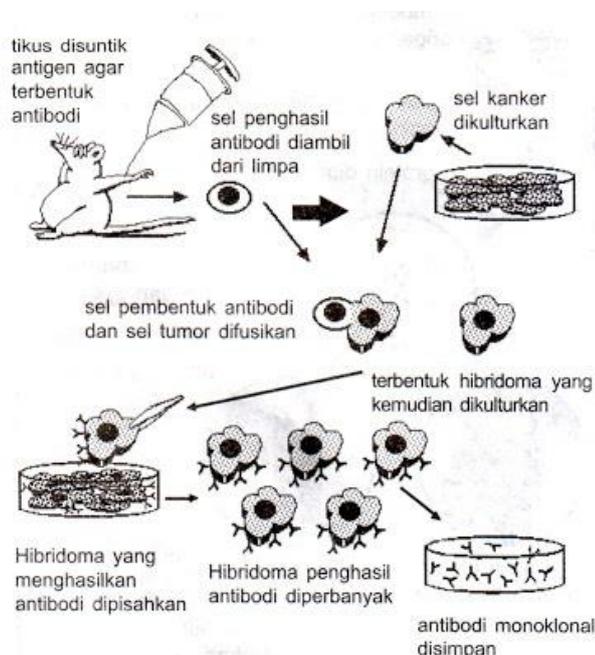
a. Jamur *Cephalosporium sp*, penghasil antibiotik sefalosporin untuk membunuh bakteriyang kebal terhadap penicillin.

- b. Bakteri *Streptomyces griseus*, menghasilkan antibiotik streptomisin untuk membunuh bakteri yang kebal terhadap antibiotik penisilin dan sefalosporin.
  - c. Jamur *Penicillium notatum* dan *Penicillium chrysogenum* menghasilkan antibiotic penisilin untuk melawan infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Staphylococcus*.
- 1) Insulin
- Merupakan hormon yang diproduksi kelenjar pancreas dan berfungsi mengatur kadar gula dalam darah. Berikut ini gambar dari langkah-langkah pembuatan insulin.



Gambar 17. Langkah Pembuatan Insulin  
 Sumber : <https://www.nafiun.com>

- 2) Vaksin transgenik
- Vaksin adalah siapan antigen yang dimasukkan ke tubuh untuk memicu terbentuknya sistem kekebalan tubuh. Pembuatan vaksin dilakukan melalui teknik DNA rekombinan dengan mengisolasi gen yang mengode senyawa penyebab penyakit (antigen) dari mikro yang bersangkutan. Berikut ini gambar skema pembuatan vaksin transgenik.
- 3) Antibodi Monoklonal
- Pembuatan antibody monoklonal menggunakan prinsip fusi protoplasma, yaitu dengan cara menggabungkan dua sel dari jaringan yang sama atau dua sel dari organisme yang berbeda dalam suatu medan listrik. Fusi tersebut menghasilkan sel-sel yang dapat menghasilkan antibody sekaligus memperbanyak diri secara terus menerus seperti sel kanker yang dinamakan antibody monoklonal. Berikut ini gambar proses pembuatan antibody monoklonal melalui rekayasa genetika.



Gambar 19. Fusi Protoplasma  
 Sumber : <https://id.quora.com/>

4) Interferon

Interferon adalah protein yang dibentuk secara alami oleh sel-sel system imun, misalnya sel darah putih dan fibroblast. Secara komersial interferon diproduksi dengan menggunakan teknologi DNA rekombinan. Interferon dikatakan juga sebagai senyawa protein yang mampu memacu pertahanan tubuh manusia untuk melawan kuman penyakit, seperti virus, bakteri, kanker, dan senyawa asing lainnya.

**e. Bidang Lingkungan**

Aplikasi bioteknologi di bidang lingkungan digunakan untuk menangani pencemaran lingkungan. Misalnya pada proses pemurnian logam, bahan tambang pada umumnya masih terikat dengan bijihnya (kotoran), untuk itu dibutuhkan bahan kimia untuk memurnikannya. Bahan-bahan kimia tersebut banyak yang dibuang sebagai limbah. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*. Bakteri ini mampu mengoksidasi belerang yang mengikat logam sehingga pencemaran lingkungan akibat limbah penambangan dapat dikurangi.

Bioteknologi juga diterapkan untuk mengatasi pencemaran akibat tumpahan minyak di laut. Tumpahan minyak tersebut dapat diatasi dengan memanfaatkan bakteri *Pseudomonas putida*. Bakteri tersebut mampu menguraikan ikatan hidrokarbon pada minyak bumi.

**2. Dampak Penerapan Bioteknologi bagi Kehidupan**

1) Dampak di bidang lingkungan

Dampak Positif:

- Ditemukannya tumbuhan transgenic yang tahan terhadap serangga, sehingga dapat mengurangi penggunaan pestisida.
- Mengatasi pencemaran limbah dengan menggunakan bakteri *Thiobacillusferrooxidans* yang dapat memisahkan logam dari bijinya.

#### Dampak Negatif

- Menimbulkan kerusakan pada ekosistem.
- Tanaman kapas anti serangga dapat membunuh hama dan organisme bukan target seperti kupu-kupu dan lebah yang menghisap nektar tanaman tersebut. Akibatnya banyak jenis serangga yang mati sehingga merusak ekosistem, selain itu juga matinya serangga dalam jumlah besar dapat mengganggu kelangsungan hidup organisme pemakan serangga.
- Hilangnya plasma nutfah.
- Dengan dibudidayakan organisme transgenic dapat membuat organisme local semakin tersingkir sehingga dapat menimbulkan hilangnya plasma nutfah local (alami). Oleh karena itu pembudidayaan tanaman transgenik dapat mengakibatkan punahnya makhluk hidup dalam suatu ekosistem.

#### 2) Dampak di Bidang Sosial Ekonomi.

##### Dampak positif

- Terjadinya persaingan untuk mencari tanaman atau hewan varietas baru melalui rekayasa genetika yang terjadi dikalangan industry.

##### Dampak Negatif

- Kesenjangan ekonomi dan sosial pada masyarakat karena produk dari petani dan peternak tradisional mulai tersisih.

#### 3) Dampak terhadap kesehatan

- a. Dampak Positif, Adanya penemuan produk-produk obat maupun hormone hasil rekayasa genetika sehingga produk tersebut lebih murah,
- b. Dampak negatif, Penggunaan produk kesehatan hasil rekayasa genetika dapat mengakibatkan timbulnya alergi, bahkan beberapa produk transgenik dapat mengakibatkan seseorang menjadi resisten terhadap beberapa jenis antibiotic

#### 4) Etika Moral

Penerapan teknologi kloning yang dikhawatirkan akan diterapkan pada manusia dianggap merendahkan martabat manusia. Kloning pada manusia sangat ditentang karena tidak sesuai dengan etika moral dan melanggar aturan agama.

### C. Rangkuman

1. Dalam bidang pangan, bioteknologi konvensional telah banyak menghasilkan produk yang sudah sering dikonsumsi oleh manusia, diantaranya tempe, kecap, tapai, roti, yoghurt, keju, mentega, minuman beralkohol, sayuran fermentasi (acar), nata de coco. Bioteknologi modern dalam pangan misalnya berupa PST (protein sel tunggal) dan mikroprotein.
2. Pembuatan antibody monoklonal menggunakan prinsip fusi protoplasma, yaitu dengan cara menggabungkan dua sel dari jaringan yang sama atau dua sel dari organisme yang berbeda dalam suatu medan listrik. Fusi tersebut menghasilkan sel-sel yang dapat menghasilkan antibodi sekaligus memperbanyak diri secara terus menerus seperti sel kanker yang dinamakan antibodi monoklonal. Berikut ini gambar proses pembuatan antibodi monoklonal melalui rekayasa genetika.
3. Aplikasi bioteknologi di bidang lingkungan digunakan untuk menangani pencemaran lingkungan. Misalnya pada proses pemurnian logam, bahan tambang pada umumnya masih terikat dengan bijihnya (kotoran), untuk itu dibutuhkan bahan kimia untuk memurnikannya. Bahan-bahan kimia tersebut banyak yang dibuang sebagai limbah. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*. Bakteri ini mampu mengoksidasi belerang yang mengikat logam sehingga pencemaran lingkungan akibat limbah penambangan dapat dikurangi.
4. Bioteknologi juga diterapkan untuk mengatasi pencemaran akibat tumpahan minyak di laut. Tumpahan minyak tersebut dapat diatasi dengan memanfaatkan bakteri *Pseudomonas putida*. Bakteri tersebut mampu menguraikan ikatan hidrokarbon pada minyak bumi.