



Sumber: Kompas, 1 Juni 2005

Indonesia kembali dikagetkan oleh banyaknya kasus polio yang menjangkiti balita. Padahal, pemerintah sudah mencanangkan bahwa Indonesia telah terbebas dari polio pada tahun 1999. Namun, ternyata beberapa kasus polio masih ditemukan di beberapa daerah di Indonesia. Hal ini membuat pemerintah melalui departemen kesehatan mengadakan imunisasi polio secara serentak. Beribu-ribu botol vaksin polio telah dihabiskan demi suksesnya imunisasi ini. Tahukah Anda bahwa vaksin polio ini dapat diproduksi melalui proses bioteknologi? Apakah bioteknologi itu? Mengapa timbul pro dan kontra seputar aplikasi bioteknologi?

Setelah mempelajari bab ini, Anda diharapkan dapat menjelaskan prinsip dasar, peranan, dan dampak bioteknologi terhadap sains, lingkungan, kesehatan, dan masyarakat.



#### Kata Kunci

bioteknologi  
 organisme transgenik  
 hibridoma  
 kultur jaringan  
 transplantasi gen  
 plasmid  
 rekayasa genetika  
 DNA  
 bakteri  
 antibodi monoklonal  
 endonuklease restriksi  
 vektor

Tuhan telah menganugerahkan akal kepada manusia. Dengan akal, manusia dapat mengembangkan sumber daya di alam ini untuk menghasilkan produk yang bermanfaat bagi kehidupan. Salah satunya melalui bioteknologi. Bioteknologi bukan sesuatu yang baru. nenek moyang kita telah memanfaatkan bioteknologi dalam pembuatan tempe, oncom, tape, terasi, dan kecap. Produk-produk bioteknologi tidak hanya terbatas pada bidang makanan, bahkan telah sampai pada bidang pertanian, peternakan, dan kesehatan.

## A. Prinsip Dasar Bioteknologi

Pada dasarnya, bioteknologi adalah suatu proses yang melibatkan berbagai agen biologi yang berupa mikrobia. Mikrobia ini dibiakkan pada suatu substrat yang berisi berbagai makronutrien maupun mikronutrien yang dibutuhkan oleh mikrobia dan disebut sebagai media tumbuh. Mikrobia yang dibiakkan akan menyintesis suatu bahan. Bahan tersebut berupa produk maupun jasa yang dapat dimanfaatkan manusia. Produk maupun jasa yang dihasilkan sangat tergantung pada mikrobia yang digunakan. Mikrobia mempunyai sifat pertumbuhan yang spesifik. Suatu biakan mikrobia dapat tumbuh dan berkembang dengan baik apabila **substrat** dan **kondisi lingkungannya** sesuai. Perubahan pada substrat maupun kondisi lingkungan menentukan produk maupun jasa yang dihasilkan.

Di kelas IX Anda telah mengenal bioteknologi dan proses-proses bioteknologi. Secara prinsip, bioteknologi modern berbeda dengan bioteknologi konvensional. Perbedaan prinsip itu terutama pada **cara manipulasi sifat-sifat organisme**.

Pada bioteknologi konvensional, manipulasi dilakukan pada kondisi lingkungan dan media tumbuh (substrat). Zat-zat tertentu ditambahkan dalam media tumbuh agar mikrobia yang ditumbuhkan mampu menyintesis suatu senyawa, misalnya dalam memproduksi *mono sodium glutamat* (MSG/vetsin). Produksi ini dibantu oleh bakteri *Corynebacterium glutamicum*. Dalam medium tumbuh, ditambahkan *vitamin biotin* dalam jumlah yang sangat kecil. Penambahan ini akan mengakibatkan membran plasma bakteri menjadi lemah (bocor) sehingga asam glutamat yang merupakan bahan utama MSG dapat keluar dari sel bakteri. Hal serupa juga dilakukan dalam industri antibiotik.

Pada bioteknologi modern, manipulasi tidak hanya dilakukan pada kondisi lingkungan serta media kultur, tetapi pada **susunan gen dalam kromosom**. Hal ini seiring dengan kemajuan pengetahuan manusia yang telah sampai pada tingkat molekular. Setelah Anda mencermati teks di atas, cobalah lakukan hal berikut.

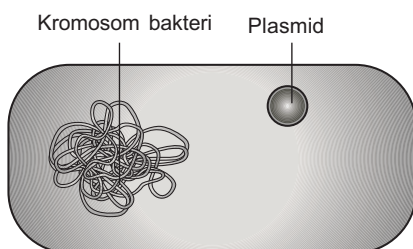


### Forum Diskusi

Bagilah kelas Anda menjadi lima kelompok, kemudian masing-masing kelompok mendiskusikan pertanyaan-pertanyaan di bawah ini.

1. Apa perbedaan prinsip bioteknologi konvensional dan modern?
2. Mengapa proses bioteknologi yang dilakukan nenek moyang kita termasuk dalam bioteknologi konvensional?

Enzim restriksi memotong DNA pada fragmen yang spesifik.



Sumber: Biology, Mader S.S.

**Gambar 8.1**

Sel bakteri



### Tahukah Anda

#### Sejarah Perkembangan Rekayasa Genetika

Orang telah mengenal bahwa sifat suatu organisme dibawa dan dipengaruhi oleh gen. Pengenalan ini dimulai semenjak hukum Mendel dikemukakan. Namun, orang belum mengetahui struktur, bentuk, maupun cara gen tersebut dapat mengatur suatu organisme. Penemuan model DNA oleh Watson dan Crick membuka era menuju penelitian rekayasa genetika. Penemuan tersebut diikuti oleh keberhasilan Nirenberg dan Masher dalam menginterpretasikan kode-kode dalam susunan DNA. Selanjutnya diikuti oleh Gilbert, Maxam, dan Sanger pada tahun 1976 yang berhasil mengembangkan metode untuk menganalisis DNA secara tepat. Seribu nukleotida dapat ditentukan hanya dalam waktu 1 minggu dengan menggunakan metode ini.

3. Pengetahuan apa yang mendasari mereka melakukan proses bioteknologi?
4. Ilmu apa yang mendasari dilaksanakannya bioteknologi modern?

Presentasikan hasil diskusi kelompok Anda di depan kelas. Setiap kelompok dalam kelas dapat memberikan tanggapan dan saling melengkapi.

Seperti yang telah diuraikan di depan, manipulasi yang dilakukan dalam bioteknologi modern ditujukan pada susunan gen dalam kromosom organisme. Oleh karena itu, bioteknologi modern juga dikenal dengan rekayasa genetika. **Rekayasa genetika** adalah semua proses yang ditujukan untuk menghasilkan organisme transgenik. **Organisme transgenik** adalah organisme yang urutan informasi genetik dalam kromosomnya telah diubah sehingga mempunyai sifat menguntungkan yang dikehendaki.

Ada beberapa prinsip dasar dalam rekayasa genetika. Pada bab ini kita hanya akan mempelajari 3 prinsip dasar, yaitu DNA rekombinan, fusi protoplasma, dan kultur jaringan.

## 1. DNA Rekombinan

DNA (*Deoxyribonucleic acid*) bertanggung jawab menentukan sifat makhluk hidup. DNA mempunyai susunan yang khas untuk tiap organisme. Untaian DNA ini dapat diubah susunannya, sehingga diperoleh untai baru yang mengekspresikan sifat-sifat yang diinginkan. Perubahan susunan DNA ini diperoleh melalui teknik DNA rekombinan.

Teknologi DNA rekombinan banyak melibatkan bakteri atau virus sebagai vektor (perantara). Proses DNA rekombinan melalui 3 tahapan. Tahap pertama yaitu mengisolasi DNA, tahap kedua memotong dan menyambung DNA (transplantasi gen/DNA), serta tahap ketiga memasukkan DNA ke dalam sel hidup.

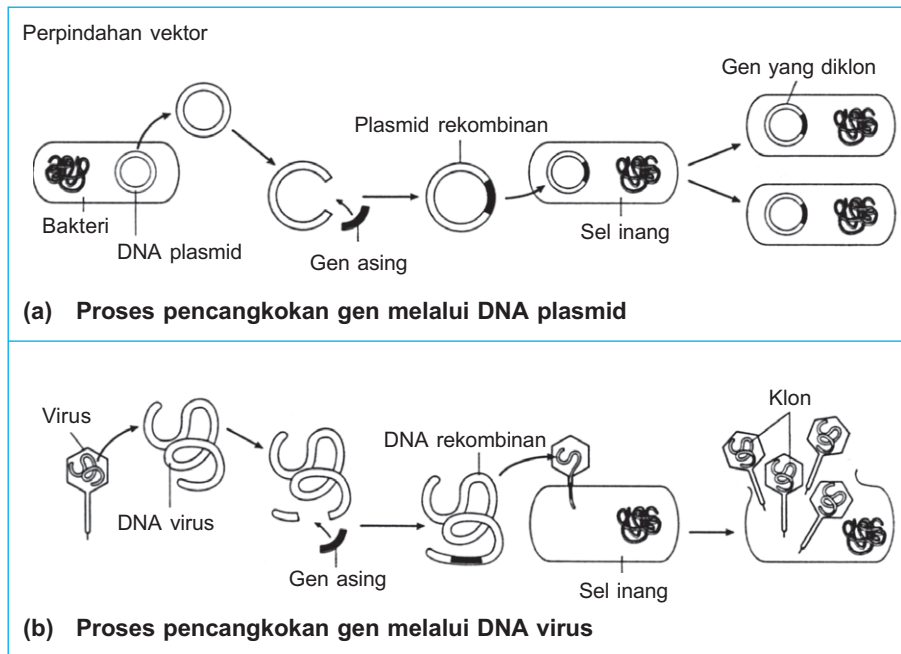
Isolasi DNA dilakukan untuk memilih dan memisahkan DNA maupun gen yang dikehendaki. Isolasi ini dilakukan dengan mengekstrak kromosom dari organisme donor. DNA dalam kromosom yang dipilih harus dipotong terlebih dahulu. Pemotongan gen dalam satu untai DNA menggunakan enzim endonuklease restriksi yang berperan sebagai gunting biologi. DNA dari suatu organisme dapat diisolasi dengan memotongnya menjadi segmen-segmen kecil menggunakan enzim tersebut.

Segmen DNA yang diperoleh, kemudian dimasukkan dalam suatu vektor. Vektor ini harus dapat berikatan dengan gen, memperbanyak, dan mengekspresikan gen tersebut. Vektor (pembawa) pada proses ini berupa plasmid atau virus. **Plasmid** adalah rantai DNA melingkar di luar kromosom bakteri. Perhatikan Gambar 8.1.

Plasmid maupun DNA virus harus dipotong terlebih dahulu agar dapat digunakan sebagai vektor. Pemotongan ini juga menggunakan enzim endonuklease restriksi. Gen atau DNA yang telah diisolasi kemudian dicangkokkan ke dalam plasmid. Proses ini dikenal dengan **transplantasi gen**. Transplantasi dilakukan



dengan cara mencangkokkan (menyambung) gen yang telah diisolasi ke dalam DNA plasmid vektor. Penyambungan gen tersebut menggunakan enzim ligase yang mampu menyambung ujung-ujung nukleotida dan berperan sebagai lem biologi. Setelah penyambungan ini maka vektor mengandung DNA asli dan DNA sisipan (asing). Dengan demikian, diperoleh organisme dengan rantai DNA gabungan atau kombinasi baru sehingga rantai DNA ini disebut **DNA rekombinan**. Rangkaian proses DNA rekombinan menggunakan vektor plasmid maupun virus dapat Anda simak dalam Gambar 8.2 berikut.



Sumber: *Biology, Mader S.S.*

**Gambar 8.2**

Proses DNA rekombinan

DNA baru yang telah membawa segmen DNA cangkokan selanjutnya memasuki tahap akhir, yaitu dimasukkan ke dalam vektor sel bakteri maupun virus. Pemasukan ini melalui pemanasan dalam larutan NaCl atau melalui elektroporasi. Selanjutnya, bakteri ini (misal: *Escherichia coli*) melakukan replikasi dengan cara membelah diri. Melalui proses ini, diperoleh plasmid-plasmid hasil transplantasi gen (DNA rekombinan) dalam jumlah banyak. Lakukan simulasi langkah-langkah teknik DNA rekombinan berikut agar Anda lebih paham.

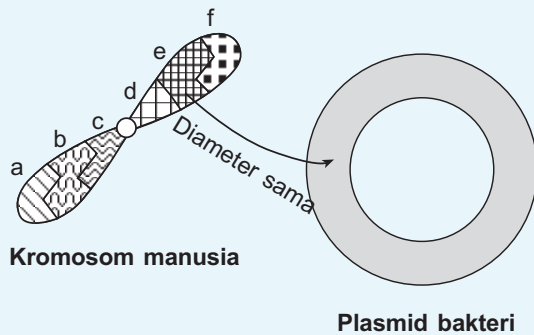


## Eksperimen

### Melakukan Simulasi Langkah-Langkah Teknik DNA Rekombinan

Buatlah 2 buah pita dari kertas yang menyerupai bentuk kromosom manusia dan plas-

mid. Pita tersebut haruslah mempunyai tebal yang sama. Selanjutnya, berilah arsiran dengan motif yang berbeda-beda. Anggaplah setiap arsiran itu gen yang mengkode suatu sifat pada organisme.



- a. Gen yang mengkode warna rambut.
- b. Gen yang mengkode produksi insulin.
- c. Gen yang mengkode warna kulit.
- d. Gen yang mengkode produksi kelenjar pituitari.

- e. Gen yang mengkode buta warna.
- f. Gen yang mengkode indra pengecap.

Lakukan simulasi langkah-langkah pada DNA rekombinan untuk memproduksi insulin.

#### Pertanyaan

1. Bagaimanakah Anda dapat mengisolasi DNA yang Anda maksud?
2. Dengan apa Anda mengisolasi gen tersebut?
3. Proses apa yang harus Anda lakukan untuk mencangkok (transplantasi) DNA tersebut?
4. Dengan apa Anda melakukan proses tersebut?
5. Bagaimanakah cara Anda memperbanyak rangkaian yang telah Anda peroleh?

Buatlah laporan tertulis dari kegiatan ini dan kumpulkan kepada bapak atau ibu guru.

DNA rekombinan merupakan teknik yang paling banyak digunakan untuk menghasilkan organisme transgenik (melalui transplantasi gen). Selain melalui teknologi DNA rekombinan kita juga dapat menggunakan prinsip lain untuk mendapatkan produk transgenik. Prinsip tersebut adalah fusi protoplasma.

## 2. Fusi Protoplasma

**Fusi protoplasma** adalah 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. Tahap-tahap tersebut diawali dengan menyiapkan protoplasma. Protoplasma biasanya diambil dari sel-sel yang masih muda karena mempunyai dinding sel tipis serta protoplasma yang banyak dan utuh.

Tahap selanjutnya adalah mengisolasi protoplasma sel yang telah dipersiapkan. Protoplasma diisolasi dengan cara menghilangkan dinding selnya. Dinding sel ini dihancurkan terlebih dahulu dengan menggunakan enzim kemudian dilakukan penyaringan dan sentrifugasi berkali-kali. Protoplasma yang didapat kemudian diuji viabilitasnya (aktivitas hidupnya) dengan cara melihat aktivitas organel, misalnya melihat aktivitas fotosintesisnya. Fusi protoplasma dilakukan dalam suatu medan listrik. Setelah sel-sel tadi mengalami fusi, tahap selanjutnya adalah menyeleksi protoplasma yang dihasilkan. Setiap sel mempunyai spesifikasi tertentu. Protoplasma yang terseleksi kemudian dibiakkan.

Fusi protoplasma pada sel hewan dan manusia sangat berguna terutama untuk menghasilkan hibridoma. **Hibridoma** merupakan hasil fusi yang terjadi antara sel pembentuk antibodi dan sel mieloma. Sel pembentuk antibodi ini adalah sel *limfosit B*, sedangkan sel mieloma sendiri merupakan 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 diseleksi karena setiap sel menghasilkan antibodi yang sifatnya khas. Satu antibodi yang dihasilkan spesifik untuk satu antigen. Setiap hibrid ini kemudian diperbanyak (dikloning). Oleh karena antibodi ini berasal dari satu klon maka antibodi ini disebut **antibodi monoklonal**.

Kedua prinsip di atas membutuhkan teknik lain agar organisme transgenik yang diperoleh dapat ditumbuhkan. Hal ini penting untuk membuktikan keberhasilan proses yang berlangsung, terutama untuk sel-sel tumbuhan. Sel-sel tersebut harus dapat ditumbuhkan menjadi organisme utuh. Oleh karena itu, rangkaian proses rekayasa genetika pada tumbuhan membutuhkan teknik kultur jaringan. Apakah kultur jaringan itu? Simaklah materi berikut untuk menjawab pertanyaan di atas.

### 3. Kultur Jaringan

Pernahkah Anda melihat dan mengamati tumbuhan cocor bebek (*Kalanchoe pinata*) tumbuh dari sehelai daunnya yang diletakkan di atas tanah? Tumbuhan tersebut dapat tumbuh menjadi tanaman yang lengkap dari sehelai daunnya. Begitu pula dengan batang ketela pohon berbuku (*Manihot utilisima*) yang diletakkan di atas tanah. Batang itu dapat tumbuh menjadi pohon ketela pohon yang lengkap dengan daun, batang, dan akar. Cocor bebek maupun ketela pohon dapat berkembang biak secara vegetatif menggunakan bagian tubuhnya (daun atau batang yang mempunyai nodus). Kultur jaringan juga menggunakan prinsip yang sama yaitu perkebangbiakan vegetatif pada tumbuhan. Namun, terdapat perbedaan yang jelas antara keduanya.

Perbedaannya terletak pada bagian yang ditumbuhkan. Pada kultur jaringan, tumbuhan yang lengkap dapat diperoleh dari sel maupun jaringan tumbuhan. Perbedaan lainnya adalah tidak semua tumbuhan dapat diperbanyak menggunakan daun maupun batang (hanya tumbuhan tertentu saja). Melalui kultur jaringan, semua tumbuhan dapat ditumbuhkan dari jaringan maupun sel pada suatu media buatan.

Teori yang melandasi teknik kultur jaringan ini adalah teori **Totipotensi**. Setiap sel tumbuhan memiliki kemampuan untuk tumbuh menjadi individu baru bila ditempatkan pada lingkungan yang sesuai. Individu-individu yang dihasilkan akan mempunyai sifat yang sama persis dengan induknya.

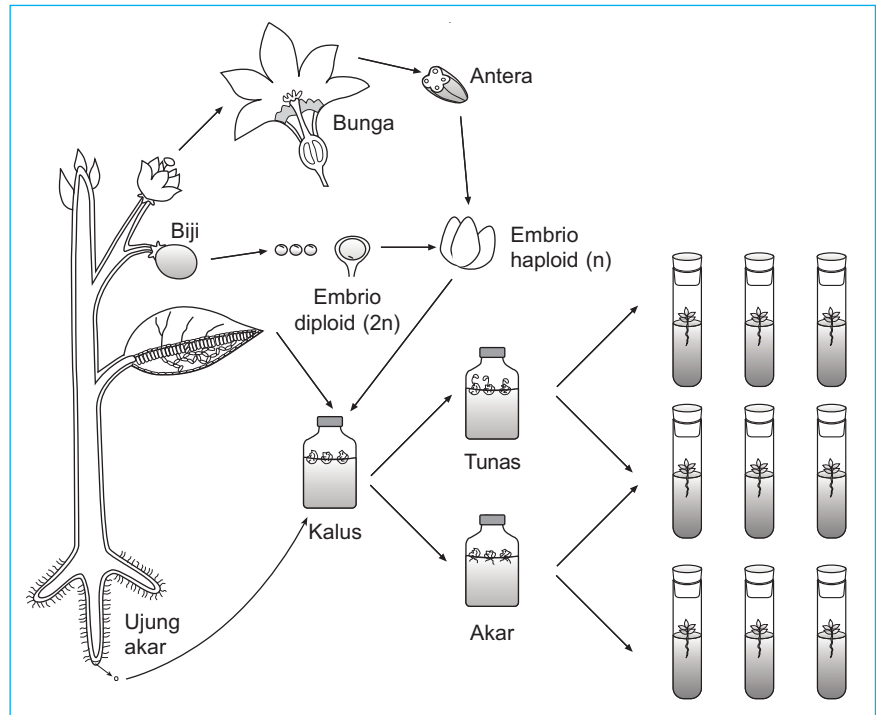
Teori ini pertama kali dikemukakan oleh seorang ahli Fisiologi Jerman, yaitu **G. Haberlandt** pada tahun 1898. Teori itu diuji ulang oleh **F.C. Steward** pada tahun 1969 dengan menggunakan satu sel empulur wortel. Dalam percobaannya, Steward dapat menumbuhkan satu sel empulur itu menjadi satu individu wortel.

Tumbuhnya satu sel menjadi tanaman yang utuh karena sel maupun jaringan tersebut ditanam pada suatu media yang dilengkapi dengan berbagai macam makronutrien maupun mikronutrien yang dibutuhkan oleh tanaman. Medium tersebut juga diperkaya dengan hormon pertumbuhan, misalnya auksin dan sitokinin. Penambahan hormon ini tergantung pada kebutuhan tanaman dan tujuan pelaksanaannya. Misalnya

Ingat! Kultur jaringan merupakan aplikasi sifat totipotensi tumbuhan.



apabila ingin menumbuhkan akar dari suatu jaringan, maka ditambahkan hormon auksin dalam medium. Namun, apabila ingin menumbuhkan tunas dari suatu sel maupun jaringan maka medium tersebut ditambah dengan sitokinin. Selain itu, hormon auksin mempunyai kemampuan untuk menutup luka dengan memacu pembelahan sel sehingga membentuk gumpalan kalus. **Kalus** ini berupa massa sel yang belum terdiferensiasi. Kalus juga dapat ditumbuhkan dalam medium yang ditambah dengan sitokinin berlebih.



Sumber: Dokumentasi Penerbit

**Gambar 8.3**

Perkembangan teknik kultur jaringan

Seluruh bagian tubuh tumbuhan dapat diperbanyak menjadi tanaman baru melalui teknik kultur jaringan



### Tahukah Anda

#### Tahap-Tahap Kultur Jaringan

Materi tumbuhan yang akan dikulturkan dalam kultur jaringan disebut eksplan. Eksplan dapat diambil dari tanaman dewasa, tanaman hasil cangkokan, ataupun tanaman pembenihan (*seeding*). Pada media yang sesuai, eksplan akan tumbuh menjadi kalus. Selanjutnya, kalus akan berkembang menjadi tanaman kecil yang disebut plantlet.

Tahap-tahap kultur jaringan dalam membentuk embrio dari sel somatik serupa pada tahap perkembangan zigot menjadi embrio. Perkembangan tersebut dimulai dari sel → globular → bentuk jantung → bentuk torpedo → bentuk kotiledon → bentuk plantlet (tumbuhan muda). Perhatikan Gambar 8.3 di atas.

Kultur jaringan sebenarnya merupakan perbanyakan vegetatif seperti halnya pada pencangkokan maupun stek, hanya saja dalam menanam (mengkultur) cukup berupa jaringan atau sel saja. Selain itu, medium yang digunakan tidak berupa tanah, tetapi menggunakan medium buatan (biasanya berupa agar-agar yang diperkaya dengan hormon, vitamin, dan unsur hara).

Kultur jaringan merupakan salah satu alternatif untuk mendapatkan tanaman baru yang mempunyai sifat sama dengan induknya. Teknik ini hanya membutuhkan jaringan maupun sel dari tumbuhan dan akan didapatkan tanaman sejenis dalam jumlah besar. Kultur jaringan sering disebut sebagai perbanyakan secara *in vitro* karena jaringan ditanam (dikultur) pada suatu media buatan (bukan alami).



Kita dapat memperbanyak bibit unggul dengan mudah dan cepat melalui kultur jaringan, demikian juga dengan usaha pelestarian tanaman langka atau tanaman lain yang mempunyai nilai ekonomis tinggi. Kultur jaringan merupakan salah satu rangkaian teknik rekayasa genetika karena dapat menumbuhkan sel-sel transgenik. Oleh karena itu, dapat pula dikatakan bahwa kultur jaringan sebagai alat (*tool*) dalam pelaksanaan rekayasa genetika. Lakukan kegiatan berikut agar Anda lebih memahami mengenai kultur jaringan.



### Forum Diskusi

Diskusikan dengan teman Anda mengenai apa saja manfaat kultur jaringan sebagai metode pembiakan vegetatif tumbuhan. Jawab pertanyaan di bawah ini.

1. Mengapa kultur jaringan termasuk dalam bioteknologi?
2. Apakah metode tersebut menggunakan mikrobia?
3. Mengapa kultur jaringan dapat digunakan untuk menjaga kelestarian tumbuhan?

Catat hasil diskusi Anda dalam buku kerja. Selanjutnya Anda dapat mempresentasikan hasil diskusi tersebut di depan kelas.



### Uji Kompetensi A

Jawablah soal-soal berikut.

- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Sebutkan prinsip dasar bioteknologi.</li><li>2. Sebutkan perbedaan prinsip bioteknologi konvensional dan modern.</li></ol> | <ol style="list-style-type: none"><li>3. Jelaskan prinsip dasar DNA rekombinan.</li><li>4. Jelaskan prinsip dasar fusi protoplasma.</li><li>5. Jelaskan prinsip dasar kultur jaringan dan alasan kultur jaringan menjadi bagian rekayasa genetika.</li></ol> |
|---|--|

## B. Penerapan Bioteknologi dan Dampaknya

Penerapan bioteknologi begitu luas dan telah dilakukan selama beratus-ratus tahun mulai dari taraf sederhana sampai modern. Bioteknologi sederhana telah banyak kita temui dalam kehidupan sehari-hari. Selain memberikan keuntungan, penerapan bioteknologi juga tak lepas dari dampak buruk yang ditimbulkan. Apa saja aplikasi bioteknologi tersebut? Bagaimana dampak penerapan teknologi tersebut? Marilah kita pelajari dalam uraian berikut.

### 1. Penerapan Bioteknologi dalam Bidang Pangan, Pertanian dan Peternakan, serta Kedokteran

#### a. Bidang Pangan

Penerapan bioteknologi dalam memproduksi makanan dan minuman merupakan aplikasi bioteknologi tertua. Aplikasi ini banyak dijumpai pada bioteknologi konvensional melalui proses fermentasi. Lakukan kegiatan berikut untuk mengetahui penerapan bioteknologi konvensional di sekitar kita.



## Tugas Kelompok

Buatlah kelompok masing-masing terdiri dari lima orang. Selanjutnya kunjungi salah satu industri rumah tangga yang menurut Anda menggunakan proses fermentasi (bioteknologi konvensional), misalnya industri tempe, yoghurt, ataupun kecap. Catat dan buat laporan tertulis mengenai jenis mikrobia yang digunakan dan proses yang berlangsung. Presentasikan hasil yang Anda peroleh dan bandingkan dengan laporan kelompok lain.



### Tahukah Anda

#### *Methylophilus Methylophilus* Sebagai Sumber PST

*Methylophilus methylophilus* ditumbuhkan pada metanol dan tropina yang berasal dari khamir yang ditumbuhkan pada buangan zat sisa pertanian, kehutanan, daging, dan kertas. PST ini biasa digunakan untuk makanan ternak agar menghasilkan susu dan daging yang berkualitas.



Sumber: Dokumentasi Penerbit

**Gambar 8.4**

*Spirulina* dalam bentuk cair dan bubuk

Teknologi fermentasi dan hasil-hasilnya telah kita bahas di kelas IX. Pada saat ini, kita pelajari bioteknologi pangan yang lebih modern, yaitu protein sel tunggal (PST atau *Single Cell Protein*) dan mikoprotein.

### 1) Protein Sel Tunggal (PST)

Sebagai sumber protein, organisme penghasil PST mempunyai beberapa keunggulan. Keunggulan tersebut terletak pada kemampuan perkembangbiakan yang cepat dan relatif mudah, serta mempunyai konversi protein yang tinggi dibanding sumber protein yang lain. PST mempunyai kadar protein lebih tinggi bila dibandingkan kadar protein kedelai. Keunggulan lainnya yaitu substrat yang digunakan sebagai medium tumbuh mikrobia penghasil PST ini dapat memanfaatkan limbah.

Beberapa contoh mikrobia yang dapat digunakan sebagai PST yaitu *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida utilis*. Mikrobia ini dapat dibiakkan dalam skala besar (industri). Protein yang dihasilkan oleh mikrobia ini mengandung asam nukleat tinggi, namun tubuh manusia kurang memiliki enzim untuk memetabolismenya. Hal ini cenderung menimbulkan reaksi yang merugikan pada saluran pencernaan manusia. PST dari mikrobia ini (*S. cerevisiae* dan *C. utilis*) sering digunakan sebagai suplemen makanan ternak.

Mikrobia lain yang digunakan sebagai sumber PST yaitu *Spirulina*. *Spirulina* termasuk Cyanobacteria (ganggang biru) yang dapat berfotosintesis sehingga sangat menguntungkan sebagai sumber makanan. *Spirulina* telah digunakan selama berabad-abad dalam bentuk kering oleh bangsa Aztec di Meksiko. Saat ini produk PST banyak dijumpai di pasaran, seperti terlihat pada Gambar 8.4 di samping.

### 2) Mikoprotein

Mikoprotein adalah bahan makanan sumber protein yang dihasilkan melalui proses fermentasi secara berkesinambungan dari miselium jamur *Fusarium graminearum*. Jamur tersebut ditumbuhkan pada substrat yang mengandung glukosa dan zat hara lain. Jamur ini juga membutuhkan gas amonia serta garam amonia sebagai sumber nitrogen.

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. Menurut penelitian telah 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 beras masih lebih tinggi daripada produksi nasional sehingga Indonesia perlu mengimpor beras. Kondisi ini berbeda dengan negara-negara industri maju seperti Amerika. Meskipun bukan negara agraris, produksi kedelai Amerika lebih besar daripada produksi kedelai Indonesia. Semua ini terjadi karena negara industri maju menerapkan bioteknologi modern dalam mengelola pertaniannya.

Bioteknologi modern banyak diaplikasikan dalam bidang pertanian dan peternakan, terutama dalam usaha mendapatkan bibit unggul. Bioteknologi dalam bidang pertanian dan peternakan modern banyak memanfaatkan teknologi DNA rekombinan. Proses DNA rekombinan pada tumbuhan menggunakan vektor *Agrobacterium tumefaciens* yang mempunyai plasmid Ti (*Tumor inducing*). Langkah pertama, plasmid Ti diisolasi, kemudian disisipi dengan gen asing (transplantasi gen). Setelah itu, plasmid dimasukkan ke dalam *A. tumefaciens*. Ketika digabung dengan sel-sel tumbuhan, *A. tumefaciens* membiakkan plasmid. Setelah berbiak, *A. tumefaciens* yang telah mengalami rekombinasi (melalui proses DNA rekombinan) kembali menginfeksi kromosom tumbuhan. Kini tumbuhan tersebut telah mengandung gen asing yang dicangkokkan pada *A. tumefaciens*. Sel-sel yang dihasilkan dari proses DNA rekombinan tersebut ditumbuhkan dengan metode kultur jaringan sehingga menghasilkan tunas. Setelah tumbuh, tanaman tersebut dapat ditanam pada lahan pertanian. Rangkaian proses tersebut dapat Anda simak pada Gambar 8.5 berikut.

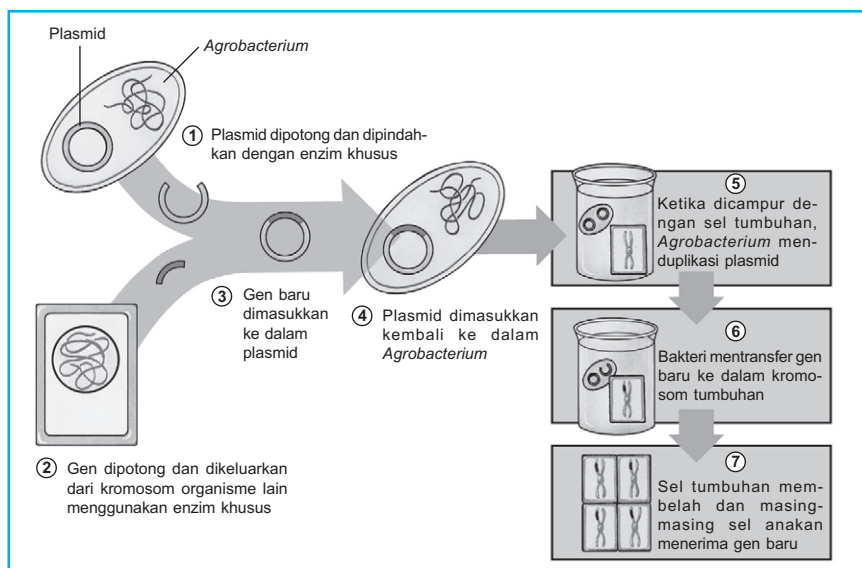


#### Tahukah Anda

##### Petualangan Mencari Vektor

Dalam rekayasa genetika pada tumbuhan, vektor harus dapat disisipi DNA tumbuhan. Vektor ini sulit diperoleh hampir semua plasmid mikrobial tidak dapat disisipi oleh DNA tumbuhan.

Peneliti banyak melakukan penelitian mikrobial apa yang dapat disisipi dan menjadi vektor proses DNA rekombinan pada tumbuhan. Akhirnya ditemukan vektor yang tepat yaitu plasmid Ti (*Tumor inducing*). Plasmid Ti ini terdapat pada bakteri *Agrobacterium tumefaciens* yang menginfeksi batang tomat, tembakau, dan buncis. Bakteri ini dapat dijadikan vektor karena terdapat bagian dari plasmid Ti yang terintegrasi (menyatu) dengan DNA tumbuhan inang.



Sumber: Biology, Raven dan Johnson

**Gambar 8.5**

Rekayasa genetika pada tumbuhan *Agrobacterium tumefaciens* dengan menggunakan plasmid Ti

Aplikasi (penerapan) DNA rekombinan dengan vektor mikrobial telah menghasilkan hewan maupun tumbuhan transgenik. Hewan maupun tumbuhan yang dihasilkan melalui proses ini mempunyai karakteristik yang tidak ditemukan di alam. Beberapa contoh aplikasi bioteknologi dalam bidang pertanian dan peternakan sebagai berikut.

#### 1) *Padi Transgenik*

Penelitian terkini di Jepang yang dilakukan oleh Rachmawati, D., Mori, T., Hosaka, T., Takaiwa, F., Inoue, E., dan Anzai, H. melaporkan bahwa *Agrobacterium* juga dapat digunakan pada tanaman sereal, salah satunya padi. Hasil penelitian mereka telah ditulis dalam jurnal *Breeding Science* dengan judul *Production and Characterization of Recombinant Human Lactoferrin in Transgenic Japonica Rice*. Penelitian ini telah berhasil mengekspresikan laktoferin rekombinan pada tanaman padi transgenik kultur rojolele. Laktoferin berfungsi memberikan daya tahan terhadap serangan mikrobial patogen (antibakterial, antiviral, dan antifungal), antiinflamatori, memacu pertumbuhan sel limfosit, aktivitas antioksidan, dan berperan dalam transpor besi dalam tubuh manusia. Walaupun ekspresi laktoferin pada biji padi rojolele transgenik hanya sekitar 20%, namun penelitian ini telah membuktikan dan menjadi pionir penggunaan *Agrobacterium* sebagai vektor tanaman sereal. Para ilmuwan di Inggris, Cina, Australia, dan Meksiko juga telah mengembangkan cara lain untuk memperoleh tanaman sereal unggul. Mereka mempelajari peningkatan kandungan vitamin A padi di laboratorium dan mengembangkan padi yang tahan terhadap cuaca dingin.

#### 2) *Tembakau Resistan terhadap Virus*

Penggunaan plasmid Ti (*Tumor inducing*) *Agrobacterium tumefaciens* sebagai vektor sangat luas pemanfaatannya. Berbagai macam tumbuhan dapat dikembangkan melalui DNA rekombinan dengan plasmid Ti ini. Salah satu pemanfaatannya yaitu pada penemuan tumbuhan tembakau yang tahan terhadap virus TMV (*Tobacco Mosaic 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. 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 (Biokontrol)**

Mikrobia telah dimanfaatkan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman (biokontrol). Keuntungan pemanfaatan biokontrol untuk pertanian antara lain mengurangi penggunaan pestisida yang tidak ramah lingkungan. Contoh mikrobia yang digunakan sebagai biokontrol di antaranya *Beauveria bassiana* (Gambar 8.6) untuk mengendalikan serangga seperti pada Gambar 8.7, *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan hama boktor tebu (*Dorysthenes* sp.), dan *Trichoderma harzianum* untuk mengendalikan penyakit tular tanah (*Gonoderma* sp., jamur akar putih, dan *Phytophthora* sp.) Produk-produk biokontrol yang telah dikomersialisasikan oleh unit kerja lingkup Lembaga Riset Perkebunan Indonesia (LRPI) antara lain Meteor, Greemi-G, Triko SP, NirAma, dan Marfu.

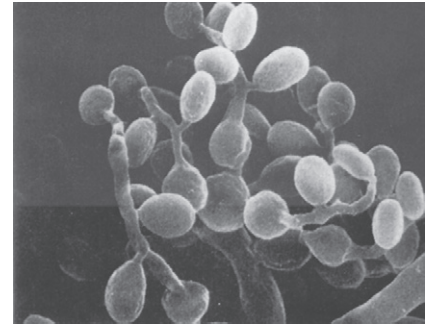
### 4) **Pembuatan Pupuk Organik**

Mikrobia juga dimanfaatkan dalam proses pembuatan pupuk organik. Peneliti di Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia (BPBPI) mengembangkan teknologi pembuatan pupuk superfosfat yang disebut Bio-SP dengan menggunakan bantuan mikroba pelarut fosfat. Keunggulan teknologi ini yaitu penggunaan agen biologi untuk mengurangi penggunaan asam anorganik sehingga lebih aman bagi lingkungan dan mengurangi biaya produksi.

### 5) **Biosuplemen Probiotik untuk Sapi**

Para peternak biasa memasukkan biosuplemen ke dalam pakan ternak. Probiotik merupakan mikrobia yang dapat meningkatkan kesehatan ternak dan mempermudah penyerapan dalam saluran pencernaan ternak. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) telah mampu memproduksi biosuplemen probiotik yang diberi nama PSc. PSc 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.

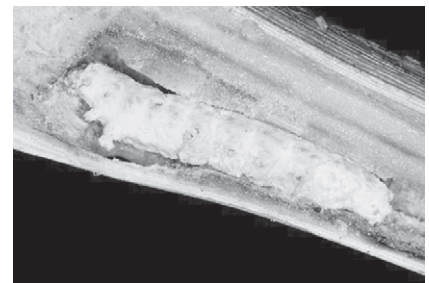
Bioteknologi di bidang pertanian dan peternakan terus berkembang. Anda telah mempelajari beberapa produk bioteknologi dalam uraian di atas. Selain yang telah disebutkan, masih ada beberapa produk bioteknologi di bidang pertanian dan peternakan di antaranya sebagai berikut.



Sumber: [www.vertigo.uqam.ca](http://www.vertigo.uqam.ca)

**Gambar 8.6**

*Beauveria bassiana* merupakan salah satu mikrobia yang digunakan sebagai biokontrol



Sumber: [entomology.uml.edu](http://entomology.uml.edu)

**Gambar 8.7**

Serangga yang mati karena ditumbuhi jamur *B. bassiana*

**Tabel 8** Produk Bioteknologi di Bidang Pertanian dan Peternakan

No.	Produk Bioteknologi	Keterangan
1.	Bunga antilayu	Etilen merupakan hormon tumbuhan yang menyebabkan bunga menjadi layu. Para peneliti mengganti gen yang sensitif terhadap etilen pada mahkota bunga dengan gen yang kurang sensitif sehingga kelayuan bunga dapat ditunda. Contohnya anyelir transgenik yang mampu bertahan tetap segar selama 3 minggu.
2.	Buah tahan kebusukan	Etilen juga merangsang pematangan buah. Aktivitas gen penghasil etilen dapat dihambat melalui rekayasa genetika sehingga buah tetap segar dalam waktu yang cukup lama. Contohnya tomat "Flavr Savr".
3.	Ikan salmon raksasa	Ikan salmon disisipi gen yang dapat menghasilkan hormon pertumbuhan yang aktif pada fase pertumbuhan embrio. Ikan salmon transgenik ini mempunyai berat 11 kali lipat dibanding ikan salmon biasa dan siklus hidupnya lebih pendek.
4.	Sapi perah dengan hormon manusia	Gen laktoferin yang memproduksi HLF ( <i>Human Lactoferrin</i> ) disisipkan pada sapi perah melalui rekayasa genetika. Sapi tersebut akan memproduksi susu yang mengandung laktoferin. Contohnya sapi Herman.
5.	Hormon Bovin Somatotropin (BST)	Gen somatotropin sapi ditransplantasikan pada plasmid <i>Eschericia coli</i> sehingga menghasilkan BST. BST yang ditambahkan pada makanan ternak dapat meningkatkan produksi daging dan susu ternak.
6.	Kain "alami" sintesis	Kain dari serat alami mempunyai tekstur halus tetapi mudah putus. Adapun kain dari serat sintetis (poliester) tidak mudah putus tetapi terasa panas. Kini telah dikembangkan gen pada bakteri yang mengkode enzim yang dapat mensintesis poliester.



### Tugas Mandiri

Carilah informasi baik di koran, majalah, maupun internet tentang penemuan-penemuan dalam bidang pertanian dan peternakan melalui teknologi rekayasa genetika terbaru. Catat dan presentasikan hasil yang Anda peroleh di depan kelas.

#### c. Bidang Kedokteran

Penerapan rekayasa genetika dalam bidang kedokteran untuk memproduksi hormon buatan, vaksin untuk melawan virus, maupun antibodi.

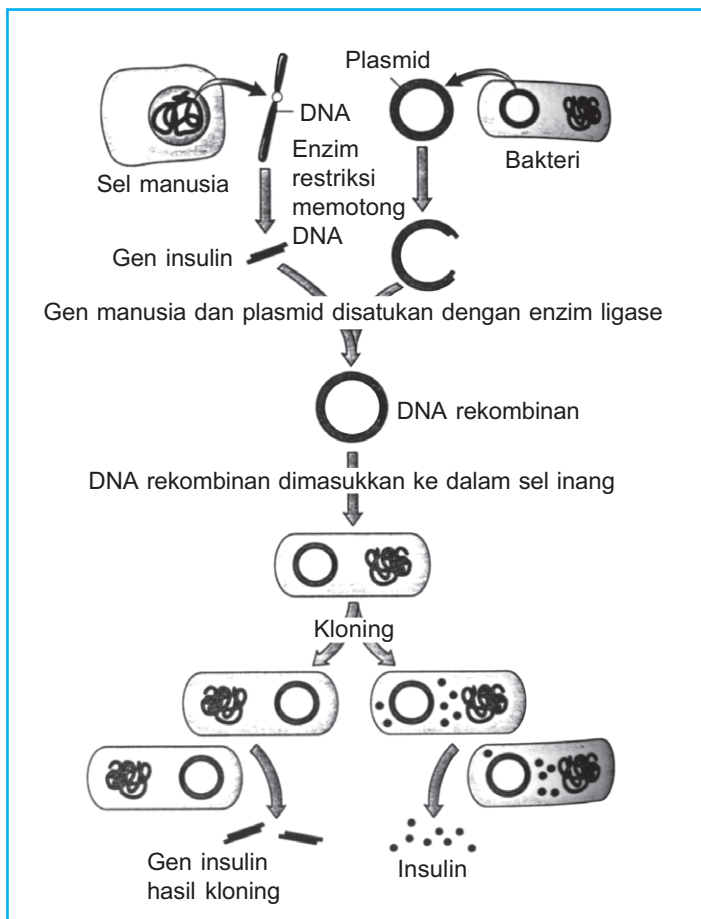
##### 1) Pembuatan Insulin

Insulin adalah hormon yang dikeluarkan oleh kelenjar pankreas. Hormon ini berperan dalam mengatur kadar gula dalam darah (glukosa). Namun, tidak semua

orang dapat memproduksi insulin dengan jumlah yang sesuai kebutuhan tubuh. Bahkan, terdapat pula orang yang sama sekali tidak memproduksi insulin. Orang ini adalah penderita *diabetes mellitus*.

Pasien diabetes memerlukan suntikan insulin tambahan. Pada awalnya insulin ini dibuat dari kelenjar pankreas sapi atau babi. Insulin yang dibutuhkan seorang pasien diabetes selama setahun lebih kurang sebanyak 0,5 g. Insulin seberat itu diperoleh dari 4.800 g kelenjar pankreas dari 28 ekor hewan. Padahal, bila penderita *diabetes mellitus* sebanyak 800 pasien lebih, berapa banyak hewan yang harus diambil pankreasnya setiap tahun?

Kebutuhan insulin terpenuhi melalui pengambilan insulin dari hewan, tetapi beberapa pasien menunjukkan gejala alergi. 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. Bakteri dengan gen gabungan ini dibiarkan membiakkan diri. Bakteri yang dibiakkan tersebut dapat memproduksi insulin yang dibutuhkan. Hal ini dapat Anda simak pada Gambar 8.8 berikut ini.



Sumber: Biology, Mader S.S.

**Gambar 8.8**

Langkah-langkah DNA rekombinan pada produksi insulin

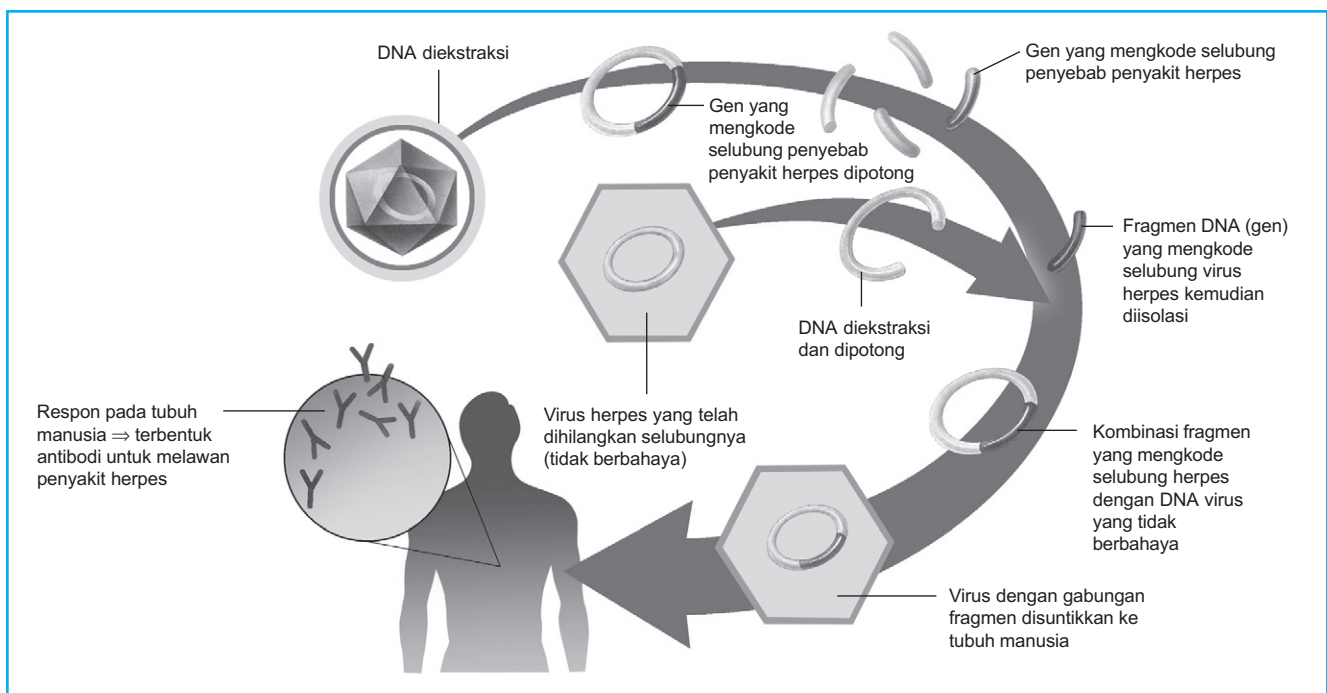
## 2) Produksi Vaksin

Selain digunakan untuk memproduksi hormon maupun enzim, teknologi DNA rekombinan juga digunakan untuk membuat vaksin. Pada aplikasi ini, secara garis besar beberapa mikroorganisme digunakan untuk menghambat kemampuan mikroorganisme patogen (penyebab penyakit).

Mikrobia menjadi suatu bibit penyakit dalam tubuh apabila mikrobia tersebut menghasilkan senyawa toksik bagi tubuh manusia. Selain itu, bagian-bagian tubuh mikrobia 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 mikrobia yang bersangkutan. Kemudian gen ini disisipkan pada plasmid mikrobia yang sama, tetapi telah dilemahkan (tidak berbahaya). Mikrobia ini menjadi tidak berbahaya karena telah dihilangkan bagian yang menimbulkan penyakit, misal lapisan lendirnya. Mikrobia 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.

Pelajari Gambar 8.9 berikut agar Anda lebih memahami pembuatan vaksin transgenik.



Sumber: *Biology, Raven & Johnson*

**Gambar 8.9**

Pembentukan vaksin transgenik



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 telah berhasil menemukan vaksin untuk penyakit yang meresahkan masyarakat ini. Vaksin ini diberi nama Bird CLOSE 5.1. Vaksin ini 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 dikembangkan dengan cepat. Virus yang sudah tidak berbahaya inilah yang digunakan sebagai vaksin.

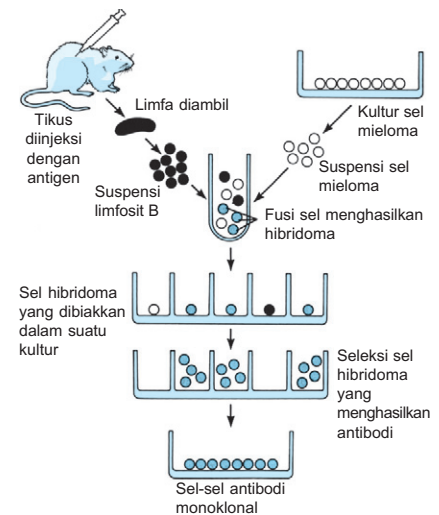
### 3) Antibodi Monoklonal

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

Fusi ini menghasilkan sel-sel yang dapat menghasilkan antibodi sekaligus dapat memperbanyak diri secara terus-menerus seperti pada sel-sel kanker. Sel-sel ini menghasilkan antibodi monoklonal. Secara garis besar proses fusi sel antibodi dan sel mieloma (kanker) terlihat pada Gambar 8.10.

Secara sederhana pembuatan antibodi monoklonal sebagai berikut. Kelinci atau tikus terlebih dahulu diinjeksi dengan antigen kemudian limfanya (tempat pembuatan sel darah putih) diambil. Sel-sel limfa ini kemudian difusikan dengan sel mieloma (sel kanker) melalui elektrofusi. **Elektrofusi** adalah fusi secara elektrik dengan frekuensi tinggi yang menyebabkan sel-sel tertarik satu sama lain dan akhirnya bergabung (fusi). Sel-sel yang melakukan fusi kemudian diseleksi untuk mengidentifikasi sel gabungan tersebut. Sel-sel ini kemudian diinjeksikan ke tubuh hewan. Sel-sel gabungan ini akan membentuk antibodi dalam tubuh hewan. Perhatikan Gambar 8.10 di samping.

Sel gabungan ini dapat dibiakkan ke dalam suatu kultur sehingga menghasilkan antibodi dalam jumlah besar. Antibodi monoklonal dapat digunakan untuk mendeteksi kandungan hormon korionik gonadotropin dalam urine wanita hamil. Dengan demikian, cara ini dapat untuk mendeteksi adanya kehamilan.



Sumber: *Biology, Campbell*

**Gambar 8.10**

Proses pembuatan antibodi monoklonal melalui rekayasa genetika



## Tugas Mandiri

Carilah informasi di berbagai media cetak maupun media elektronik mengenai penemuan-penemuan bioteknologi dalam bidang kedokteran dan kesehatan. Buatlah laporan secara tertulis, presentasikan, dan kumpulkan kepada bapak atau ibu guru.

Namun, bagaimanapun juga teknologi seperti halnya dua sisi mata uang. Di satu sisi ia memberikan manfaat, tetapi di sisi lain timbul pula dampak yang tidak diinginkan. Setelah Anda mengetahui penerapan atau aplikasi bioteknologi di berbagai bidang, kini Anda dapat mempelajari dampak yang ditimbulkan.

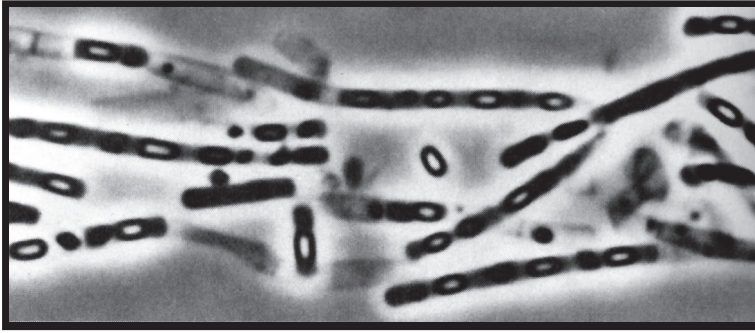
## 2. Dampak Bioteknologi

Bioteknologi, terutama rekayasa genetika diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan manusia. Misalnya pemenuhan kebutuhan gizi, peningkatan taraf kesehatan, produksi pertanian serta peternakan. Bioteknologi juga diharapkan dapat membantu mengatasi masalah-masalah lingkungan terutama pencemaran lingkungan. Namun sejalan dengan aplikasi bioteknologi, ternyata juga menimbulkan permasalahan mengenai dampak dari aplikasi tersebut. Berikut ini akan kita pelajari beberapa dampak bioteknologi.

### a. Dampak terhadap Lingkungan

Salah satu dampak positif bioteknologi terhadap lingkungan adalah penemuan tumbuhan yang tahan terhadap serangan hama serangga (antiserangga). Dengan diciptakannya tumbuhan antiserangga, paling tidak telah mengurangi pencemaran akibat pemakaian insektisida. Bagaimana cara memperoleh tumbuhan antiserangga tersebut?

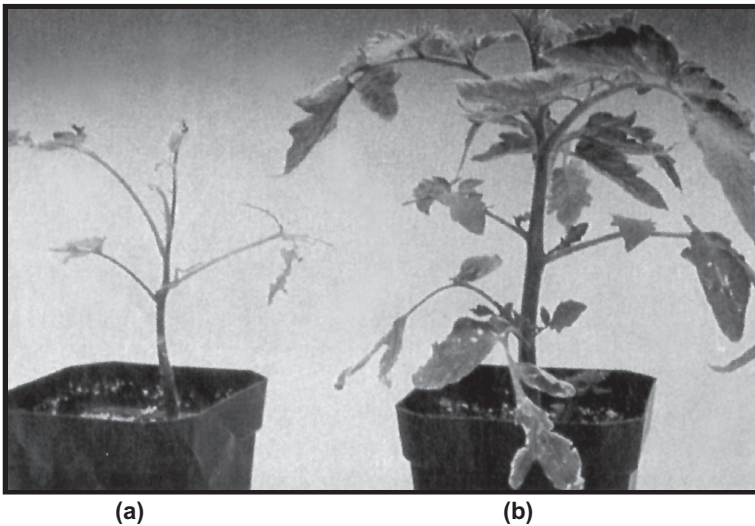
Cara untuk memperoleh tumbuhan antiserangga adalah dengan memasukkan gen delta endotoksin *Bacillus thuringiensis* ke dalam tanaman budi daya (Gambar 8.11). Selanjutnya tanaman budi daya akan memproduksi protein delta endotoksin. Protein ini akan bereaksi dengan enzim yang diproduksi oleh lambung serangga. Reaksi ini mengkonversi enzim tersebut menjadi racun. Dengan demikian, serangga yang memakan tanaman tersebut akan mengalami keracunan kemudian mati. Dengan menggunakan metode ini diperoleh tanaman-tanaman yang resistan terhadap berbagai larva maupun serangga yang menyerang tanaman tersebut. Perbandingan pertumbuhan tanaman normal dan tanaman antiserangga dapat Anda lihat pada Gambar 8.12.



Sumber: *Biology, Raven & Johnson*

#### Gambar 8.11

*Bacillus thuringiensis*, bakteri yang memproduksi protein beracun pada lambung larva serangga dan banyak jenis ulat. Warna putih di sekitar bakteri adalah kristal protein yang akan ditransformasi menjadi toksin apabila bereaksi dengan enzim yang diproduksi dalam lambung larva serangga.



Sumber: *Biology, Raven & Johnson*

#### Gambar 8.12

Eksperimen perbandingan pertumbuhan tanaman.

- (a) Tanaman normal yang terserang ulat sehingga daunnya habis dimakan ulat.
- (b) Tanaman yang dikembangkan melalui rekayasa genetika terlihat tumbuh subur tanpa adanya gangguan ulat pemakan daun.

Pemanfaatan bioteknologi juga diterapkan di tambang-tambang untuk mengurangi pencemaran limbah. Dengan cara ini aktivitas pengolahan bahan tambang dapat ditingkatkan. Biasanya bahan-bahan tambang yang diperoleh tidak dalam keadaan murni, melainkan masih terikat dengan bijihnya (kotoran). Diperlukan berbagai macam bahan kimia untuk memurnikan logam dari bijihnya. Namun, bahan-bahan kimia tersebut kurang efektif dalam memisahkan logam dari bijihnya, sehingga banyak bahan-bahan tambang berkadar



### Tahukah Anda

#### Bakteri Pemurni Bahan Tambang

Bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* merupakan bakteri kemolitotrof (pemakan batuan) yang mampu memisahkan logam dari bijihnya. Bakteri ini pertama kali ditemukan di pertambangan Virginia tahun 1947. Bakteri ini menggunakan energi kimia dari senyawa anorganik, misalnya dengan mengoksidasi besi sulfida ( $\text{FeS}$ ) menjadi asam sulfat ( $\text{Fe}_2\text{SO}_4$ ). Asam sulfat dan besi sulfat mampu melarutkan logam dari bijihnya.

rendah yang tidak bisa dibersihkan dari bijihnya. Sisa bahan tambang ini kemudian dibuang sebagai limbah. Dengan menggunakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*, tembaga maupun logam lain telah berhasil diambil kembali dari cairan sisa penambangan. Bakteri ini mengoksidasi belerang yang mengikat tembaga, seng, dan uranium dengan membentuk logam sulfida. Bakteri ini tidak memanfaatkan logam-logam tersebut, melainkan logam-logam itu akan jatuh ke air dan dimanfaatkan kembali oleh manusia. Penggunaan mikroorganisme untuk memurnikan bahan-bahan tambang memunculkan perkembangan disiplin ilmu baru yaitu **Biohidrometalurgi**.

Dua hal tersebut di atas merupakan dampak positif pemanfaatan bioteknologi. Bagaimana dengan dampak negatifnya? Dampak negatif penerapan bioteknologi terhadap lingkungan misalnya penggunaan organisme-organisme hasil rekayasa. Organisme-organisme ini dapat berdampak buruk terutama terhadap kelestarian ekosistem, misalnya pada budi daya tanaman kapas transgenik. Seperti yang telah kita ketahui bahwa kapas ini memproduksi protein delta endotoksin yang dapat dijadikan insektisida alami. Apabila tanaman ini penyerbukannya dibantu oleh burung atau serangga dan secara tidak sengaja serbuk sari tersebut terbawa dan membuahi tanaman gulma maka gulma tersebut akan menghasilkan protein delta endotoksin. Hal ini akan membahayakan karena tidak ada lagi serangga yang dapat mengendalikan populasinya, sehingga pada akhirnya akan membahayakan tanaman budi daya.

Berbagai organisme baru yang unggul sudah banyak ditemukan sehingga menimbulkan suatu kecenderungan. Kecenderungan ini terutama pada keinginan untuk membudidayakan organisme yang seragam. Hal ini sangat mempengaruhi mekanisme keberagaman alam.

Alam mempunyai keseimbangan sendiri melalui mekanisme adaptasi dan seleksi alam. Hal ini sangat menentukan keberagamannya. Keberagaman tersebut menyebabkan makhluk hidup dapat mempertahankan eksistensinya di alam.

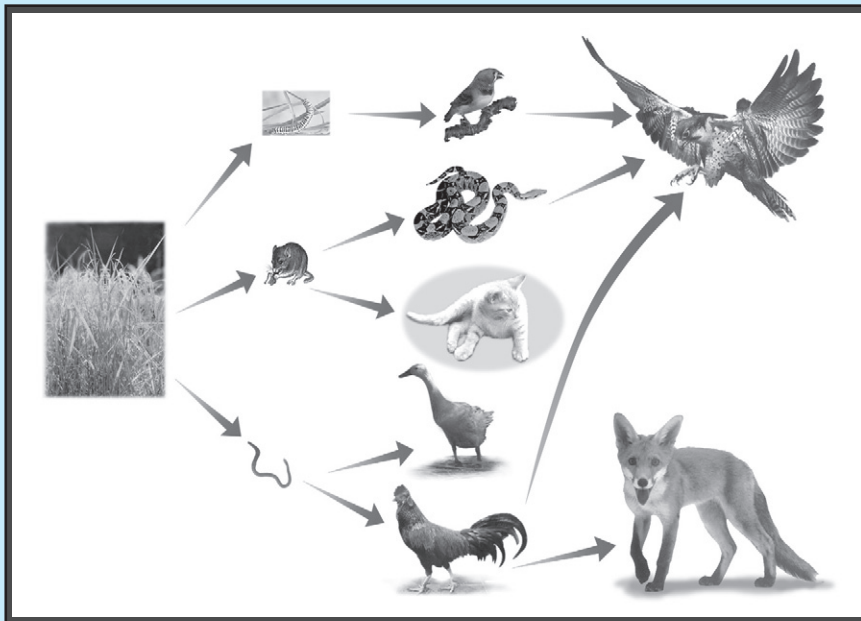
Adanya campur tangan manusia dengan pelepasan dan pembudidayaan makhluk transgenik dalam jumlah melimpah dan seragam (sama) dapat menimbulkan ketidakseimbangan ekosistem. Selain itu, akan mengakibatkan terjadinya pergeseran-pergeseran kelangsungan makhluk hidup, lingkungan, dan ekosistem. Semua ini akan mencapai puncaknya berupa punahnya makhluk hidup dalam rantai ekosistem.





## Tugas Mandiri

Seorang ilmuwan telah berhasil menemukan suatu varietas tanaman padi super melalui teknik rekayasa genetika. Tanaman tersebut mempunyai bulir lebat dan dapat mencapai panen melimpah dalam waktu singkat. Selain itu, tanaman ini juga mempunyai ketahanan terhadap virus, insekta, serta akar yang tahan terhadap cacing pemakan akar karena cacing tersebut akan mati apabila memakannya. Tanaman tersebut juga tahan terhadap serangan tikus karena mengeluarkan aroma yang tidak disukai tikus. Tanaman padi tersebut ditanam dalam waktu serentak di satu daerah pertanian. Sebelum Anda menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut, cermati dengan saksama jaring-jaring makanan berikut.



### Pertanyaan

1. Apa akibatnya jika tidak ada satupun ulat maupun hama terdapat dalam tumbuhan tersebut?
2. Apa yang terjadi pada burung pipit jika tidak dapat hidup di ekosistem tersebut?
3. Bagaimana dengan populasi tikus dan cacing tanah?
4. Apakah perubahan pada populasi tikus, ulat, dan cacing dapat berakibat pula pada populasi ular, pipit, elang, kucing, ayam, dan bebek? Jelaskan.
5. Apa pendapat Anda tentang peristiwa di atas? Sebaiknya apa yang akan Anda lakukan? Bagaimana pendapat Anda tentang keragaman plasma nutfah alami (lokal)?

Tulislah jawaban beserta pendapat Anda kemudian presentasikan di depan kelas.

#### **b. Dampak di Bidang Sosial Ekonomi**

Penemuan berbagai teknik yang berbasis pada aplikasi rekayasa genetika, mengakibatkan banyak kalangan industri saling berpacu dan bersaing untuk menemukan varietas-varietas tanaman maupun hewan baru. Penemuan-penemuan ini akan mendominasi pembibitan maupun hasil-hasil pertanian komersial di pasaran. Kalangan industri yang telah berhasil mengembangkan varietas baru tersebut akan mematenkan penemuannya. Hal ini akan membuat terpuruknya nasib petani tradisional.

Produk rekayasa genetika yang mempunyai banyak kelebihan akan merambah dan membanjiri dunia pasar. Produk-produk hasil pertanian maupun peternakan tradisional akan segera tersingkir. Membanjirnya produk-produk hasil rekayasa genetika akan menggusur penghasilan petani maupun peternak kecil.

Peternak maupun petani tradisional yang ingin mengembangkan bibit hasil rekayasa genetika mau tidak mau harus membayar royalti kepada pihak penemu bibit tersebut. Hal ini semakin memperparah keterpurukan nasib petani tradisional.

Semua ini berujung pada kesenjangan dan kecemburuan dalam masyarakat. Bahkan, banyak petani maupun peternak tradisional yang kehilangan mata pencaharian karena pasar komersial telah dikuasai oleh produk-produk hasil rekayasa genetika yang dikeluarkan oleh industri besar. Selain kesenjangan sosial, penggunaan produk-produk hasil rekayasa genetika akan menimbulkan kesenjangan ekonomi.

#### **c. Dampak terhadap Kesehatan**

Produk-produk bioteknologi dalam bidang kesehatan semula sangat diharapkan dapat menanggulangi berbagai macam penyakit. Penemuan produk-produk ini menyebabkan obat-obat maupun hormon yang semula sukar dan sangat mahal dapat terjangkau oleh masyarakat banyak.

Namun, ternyata produk kesehatan hasil rekayasa mempunyai keseimbangan sendiri yang tidak diduga sebelumnya. Keseimbangan tersebut tidak sesuai dengan homeostasis dalam tubuh manusia. Hal ini mengakibatkan timbulnya gejala-gejala lain dari suatu penyakit misalnya terjadi alergi. Sebagai contoh, penggunaan insulin hasil rekayasa genetika menyebabkan 30 orang Inggris meninggal.

Produk-produk bioteknologi melalui rekayasa genetika yang tidak berkaitan langsung dengan kesehatan juga dapat berimbas pada tubuh. Misalnya saja banyak masyarakat mengkhawatirkan pemakaian produk pertanian hasil rekayasa genetika akan menimbulkan permasalahan baru. Kekhawatiran ini telah muncul pada pemakaian tomat *Flavr Savr*. Buah hasil rekayasa genetika ini diketahui mengandung gen resistan terhadap antibiotik. Apabila orang yang mengkonsumsi tomat tersebut terkena infeksi akan susah diobati dengan berbagai antibiotik yang ada.

Penelitian oleh Nordlee dan kawan-kawan pada tahun 1996 berhasil membuktikan kedelai yang mempunyai kandungan metionin tinggi menyebabkan alergi. Pembuktian ini dilakukan melalui uji *skin prick*.



## Forum Diskusi

....

### Belum Bisa Dipercaya

Namun kekhawatiran tetap muncul dari kalangan pemerhati lingkungan seperti Yayasan Keanekaragaman Hayati Indonesia (Kehati). Menurut Anida selaku direktur program yayasan yang dalam kegiatannya banyak melibatkan berbagai institusi ini, proyek transgenik sebagai suatu terobosan teknologi masih perlu dipertimbangkan lebih jauh.

....

Anida berkomentar bahwa Yayasan Kehati saat ini masih belum mengeluarkan persetujuan penggunaan produk transgenik sebab dampak buruknya bagi lingkungan dan manusia masih belum bisa diatasi. "Para ilmuwan sendiri sampai sekarang belum mampu menjamin keamanan hasil transgenik bagi manusia. Bagaimana kami bisa percaya?" tanyanya (mer).

Harian Umum Sore **SINAR HARAPAN**  
Senin, 28 Januari 2002

....

### 3 Kemungkinan menyebabkan bakteri dalam tubuh manusia akan tahan antibiotik

Ada kekhawatiran lain bahwa penggunaan marka tahan antibiotik seperti kanamycin resisten (Kan-R) dalam tanaman transgenik menyebabkan bakteri dalam tubuh menjadi resisten terhadap antibiotik. Kemungkinan bakteri dalam tubuh menjadi resisten karena transfer horizontal gen Kan-R dari tanaman transgenik yang dikonsumsi ke bakteri dalam usus adalah sangat kecil. Gen Kan-R yang ditransfer ke tanaman melalui rekayasa genetika akan terinkorporasi ke dalam genom tanaman, sedangkan tanaman tidak mempunyai mekanisme untuk mentransfer gen yang sudah terinkorporasi ke bakteri. Terjadinya transformasi pada bakteri memerlukan suatu kesamaan homologi yang tinggi antara utas DNA donor dan DNA penerima. Selain itu, gen yang ada pada tanaman berada di bawah komando promotor tanaman yang tidak akan bekerja pada bakteri. Cara yang lebih cepat untuk menjadikan bakteri dalam tubuh resisten terhadap antibiotik adalah dengan mengonsumsi antibiotik yang berlebihan sewaktu orang sedang sakit. Menurut penelitian, manusia diestimasi telah mengonsumsi 1 juta jasad renik tahan kanamycin melalui bahan pangan seperti sayur-sayuran mentah. Di samping itu secara alami 4 trilyun bakteri tahan kanamycin sudah ada dan menghuni usus manusia. Pernah juga dikatakan adanya resistensi terhadap beberapa jenis antibiotika apabila mengonsumsi pangan transgenik.

[http://rudycr\\_tripod.com/sem2\\_012/jacqueline.htm](http://rudycr_tripod.com/sem2_012/jacqueline.htm)

Dari potongan artikel-artikel tersebut terlihat adanya pro dan kontra penggunaan pangan transgenik. Diskusikan bersama kelompok Anda bagaimana pendapat Anda mengenai penggunaan pangan transgenik dan dampaknya bagi kesehatan. Buatlah tulisan yang menarik dari hasil diskusi kelompok Anda. Selanjutnya, Anda dapat menempelkan tulisan tersebut di majalah dinding (mading) sekolah.



## Tahukah Anda

### Apakah *Skin Prick* Itu?

*Skin prick* adalah uji untuk mengetahui adanya reaksi alergi pada kulit. Uji ini relatif sederhana, cepat, mudah, serta dapat digunakan oleh berbagai usia dan berbagai zat-zat penyebab alergi (alergen). Pada dasarnya uji ini bertujuan untuk mengukur jumlah *immunoglobulin E* (IgE) yang terikat pada sel-sel di kulit. Sel-sel ini disebut dengan sel-sel mast.

Uji ini dilakukan dengan menusuk lengan depan atau punggung penderita menggunakan jarum lanset sambil memasukkan ekstrak maupun larutan alergen. Reaksi positif akan mengakibatkan kulit gatal, merah, kemudian bengkak. Hal ini menunjukkan bahwa orang tersebut tidak mempunyai antibodi tertentu dalam tubuh sehingga timbul gejala ini.

#### d. Dampak Etika Moral

Manusia adalah makhluk yang dikaruniai akal dan pikiran oleh Tuhan YME. Dengan akal ini manusia dapat merekayasa alam agar sesuai dengan apa yang mereka inginkan. Namun, di samping akal yang membedakan manusia dengan ciptaan yang lain, manusia juga dikaruniai etika dan moral.

Secara taksonomis manusia dan Primata lain digolongkan dalam satu familia baik organ maupun sistem organ manusia tidak jauh berbeda dengan Primata. Namun, manusia mempunyai rasa malu, pengertian, toleransi, dan etika yang tidak dimiliki Primata lain. Kelebihan yang dimiliki manusia tersebut menumbuhkan budaya yang merupakan manifestasi dari cipta, rasa, dan karsa yang dimilikinya.

Walaupun manusia mempunyai kemampuan untuk dapat mencipta maupun merekayasa alam, tetapi diharapkan agar manusia dapat bersikap dan bertindak bijaksana. Penyisipan gen baik tumbuhan, hewan, maupun manusia berdampak pada etika. Bagaimanakah jika hewan maupun tumbuhan yang disisipi gen manusia suatu ketika mempunyai perasaan seperti manusia? Tidak ada kemajuan kemanusiaan yang dapat dicapai kalau pengetahuan dan teknologi dikembangkan tanpa etika. Oleh karena itu, pertimbangan etika menjadi kontrol terakhir yang wajib dilakukan.



#### Uji Kompetensi B

Jawablah soal-soal berikut.

1. Sebutkan 2 contoh bahan pangan yang diperoleh melalui proses-proses bioteknologi baik konvensional maupun modern dan sebutkan mikrobia yang berperan dalam proses tersebut.
2. Sebutkan penerapan bioteknologi di bidang pertanian dan peternakan beserta contoh-contohnya.
3. Sebutkan penerapan bioteknologi modern di bidang kedokteran dan contoh-contohnya.
4. Sebutkan dampak positif bioteknologi dalam bidang lingkungan.
5. Sebutkan dampak negatif bioteknologi dalam bidang sosial ekonomi.



#### Rangkuman

1. Rekayasa genetika adalah semua proses yang ditujukan untuk menghasilkan organisme transgenik.
2. Prinsip dasar dalam rekayasa genetika
  - a. DNA rekombinan
    - 1) Mengisolasi DNA
    - 2) Transplantasi DNA
    - 3) Memasukkan DNA ke dalam sel hidup
  - b. Fusi protoplasma  
Penggabungan dua sel dari jaringan yang sama atau dari organisme yang berbeda dalam suatu medan listrik. Fusi protoplasma dapat menghasilkan hibridoma.
  - c. Kultur jaringan  
Perkembangbiakan vegetatif yang berasal dari sel ataupun jaringan tumbuhan pada suatu media buatan.



3. Penerapan bioteknologi
  - a. Bidang pangan  
Contoh: PST dan mikoprotein
  - b. Bidang pertanian dan peternakan  
Contoh: padi transgenik, buah tahan busuk, tembakau resisten terhadap virus, dan ikan salmon raksasa
  - c. Bidang kedokteran  
Contoh: pembuatan insulin, vaksin, dan antibodi monoklonal
4. Dampak bioteknologi
  - a. Dampak terhadap lingkungan
    - 1). Dampak positif
      - a) Penemuan tumbuhan yang tahan terhadap serangan hama.
      - b) Peningkatan aktivitas pengolahan bahan tambang sehingga mengurangi pencemaran limbah.
    - 2) Dampak negatif
      - a) dapat menyebabkan gulma menjadi resisten sehingga populasinya melimpah
      - b) dapat menimbulkan ketidakseimbangan ekosistem
  - b. Dampak di bidang sosial ekonomi
    - 1) Dampak positif
      - a) Kalangan industri giat mencari tanaman atau hewan varietas baru agar nilai jualnya lebih tinggi.
      - b) Pasar komersial banyak menyediakan produk-produk hasil rekayasa genetika.
    - 2) Dampak negatif  
Terjadi kesenjangan dan kecemburuan dalam masyarakat karena produk-produk dari petani tradisional mulai tersisih.
  - c. Dampak terhadap kesehatan
    - 1) Dampak positif  
Penemuan-penemuan produk obat atau hormon menyebabkan produk tersebut murah dan mudah didapat oleh masyarakat.
    - 2) Dampak negatif  
Penggunaan produk kesehatan juga dapat menimbulkan gejala-gejala lain dari suatu penyakit, misalnya alergi.
  - d. Dampak etika moral  
Manusia diharapkan dapat bertindak bijaksana dalam merekayasa alam.



## Wawasan Kewirausahaan

### Membuat *Nata*

*Acetobacter xylinum* dapat ditumbuhkan dalam berbagai substrat, misalnya air kelapa, sari buah nanas, dan air kedelai. *Nata de coco* dihasilkan dari substrat yang berupa air kelapa, *nata de pina* dihasilkan dari air nanas, sedangkan *nata de soya* dihasilkan dari air kedelai, dalam hal ini berupa limbah pembuatan tahu. Lapisan *nata* ini sebenarnya merupakan lapisan eksopolisakarida yang dihasilkan oleh bakteri *A. xylinum*. Dengan demikian tidaklah tepat jika kita menyebutnya dengan sari kelapa, karena sebenarnya yang kita konsumsi adalah bakteri *A. xylinum* yang berkembang biak dan membentuk lapisan eksopolisakarida (lapisan *nata*).

#### A. Tujuan

Membuat *nata* menggunakan salah satu substrat yang mudah diperoleh.

#### B. Alat dan Bahan

1. perlengkapan merebus
2. bak fermentasi
3. kertas penutup
4. tali
5. substrat (dapat berupa air kelapa, air rendaman nanas, dan limbah tahu cair)
6. gula
7.  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0,06%
8. urea
9. indikator pH

#### C. Cara Kerja

1. Ambil substrat (air kelapa atau air nanas) kemudian masukkan 10 g gula dan 0,06%  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .
2. Panaskan larutan tersebut sambil diaduk agar gula larut secara merata.
3. Setelah semua gula terlarut, dinginkan larutan tersebut.

4. Setelah dingin, ukur pH larutan dengan pH indikator. Atur pH dengan menambahkan asam asetat atau asam cuka hingga pH mencapai kisaran 3 sampai 4.
5. Tuang larutan tersebut dalam bak fermentasi setinggi 2 cm.
6. Selanjutnya tuang starter (bibit bakteri) *A. xylinum* sebanyak 10–20% volume larutan.
7. Tutup wadah atau bak dengan menggunakan kertas yang bersih dan diikat rapat-rapat.
8. Diamkan (peram) selama 8–10 hari sampai terbentuk lapisan *nata* di permukaan cairan.
9. Panen lapisan tersebut dan rendam selama 3 hari dengan air bersih (air diganti tiap hari).
10. Tambahkan larutan gula 40% dan rebuslah selama 30–45 menit agar *nata* berasa manis.



## Evaluasi

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang tepat.

1. Ketika membuat yoghurt, kita membutuhkan susu sebagai substrat dan bakteri *S. thermophilus* atau *L. bulgaricus* sebagai agen biologi. Jika bakteri tersebut diganti, kita tidak mendapatkan produk yang kita inginkan. Hal ini terjadi karena . . . .
  - a. mikrobia yang lain tidak mampu hidup pada substrat susu
  - b. laktose pada susu tidak dapat dicerna oleh mikrobia lain
  - c. mikrobia mempunyai sifat pertumbuhan yang spesifik
  - d. mikrobia mempunyai sifat tidak tahan asam
  - e. mikrobia seperti halnya *Rhizopus oryzae* hidup dalam substrat kedelai
2. Setelah ditemukannya struktur DNA oleh Watson dan Crick pada tahun 1953, terjadi pula perubahan . . . .
  - a. pemahaman terhadap genetika
  - b. bioteknologi hingga tingkat genetik
  - c. cara memahami sel
  - d. cara memanipulasi pada bioteknologi modern
  - e. perlakuan terhadap mikrobia
3. Prinsip yang mendasari fusi protoplasma yaitu . . . .
  - a. 2 sel dapat tumbuh menjadi 1 individu.
  - b. susunan gen dalam kromosom dapat diubah dengan memotong dan menyambung gen
  - c. setiap sel dapat ditumbuhkan menjadi 1 hewan maupun tumbuhan
  - d. 2 sel dapat difusikan dari jaringan yang sama, tidak bisa bila dari organisme berbeda
  - e. peleburan sel dari jaringan yang sama maupun organisme berbeda
4. Pada dasarnya kultur jaringan sama dengan menanam daun cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*), yaitu keduanya . . . .
  - a. merupakan teknik penanaman modern
  - b. memerlukan zat hara (makronutrien dan mikronutrien)
  - c. sama-sama teknik menumbuhkan tanaman secara cepat
  - d. memerlukan media yang tepat
  - e. merupakan cara pembudidayaan secara vegetatif
5. Perhatikan pernyataan berikut.
  - 1) Sel dari akar, batang, buah, dan bunga dapat menjadi individu baru.
  - 2) Individu yang dihasilkan mempunyai sifat yang sama persis dengan induknya.
  - 3) Satu sel tanaman dapat tumbuh dari medium buatan.
  - 4) Auksin mampu membentuk massa halus yang belum terdiferensiasi.

Penerapan teknik kultur jaringan dilandasi oleh pernyataan nomor . . . .

  - a. 1)
  - b. 2)
  - c. 3)
  - d. 4)
  - e. 1) dan 2)

6. Berikut merupakan tahapan-tahapan kultur jaringan.
- 1) sel
  - 2) bentuk jantung
  - 3) glabular
  - 4) bentuk torpedo
  - 5) bentuk plantlet (tanaman muda)
  - 6) bentuk kotiledon

Tahapan pembentukan embrio dari sel somatik dalam kultur jaringan serupa pada perkembangan zigot menjadi embrio berturut-turut dari nomor . . . .

- a. 1) – 3) – 2) – 4) – 6) – 5)
  - b. 1) – 3) – 2) – 5) – 4) – 6)
  - c. 1) – 2) – 4) – 6) – 5) – 3)
  - d. 1) – 2) – 5) – 4) – 3) – 6)
  - e. 1) – 2) – 3) – 4) – 5) – 6)
7. Enzim ligase dapat berperan sebagai lem biologi pada proses DNA rekombinan karena . . . .
- a. mempunyai struktur kimia yang unik
  - b. merupakan protein yang sangat lengket
  - c. dapat menyambung ujung-ujung nukleotida
  - d. tahan terhadap enzim endonuklease restriksi
  - e. mempunyai sifat menyambung kromosom

8. Perhatikan tabel berikut.

Proses	Menyiapkan Protoplasma	Isolasi DNA	Isolasi Protoplasma	Memotong/Menyambung DNA	Uji Viabilitas	Fusi	Memasukkan ke Dalam Sel Hidup	Seleksi
A	–	✓	–	✓	–	–	✓	✓
B	✓	–	✓	–	✓	✓	–	✓
C	✓	✓	–	✓	–	–	✓	✓

Berdasarkan data di atas, proses A merupakan rangkaian langkah dalam . . . .

- a. kultur jaringan
  - b. DNA rekombinan
  - c. transplantasi gen
  - d. fusi protoplasma
  - e. pembuatan medium
9. Transplantasi gen yaitu . . . .
- a. memotong gen yang dimaksud
  - b. memisahkan gen yang diinginkan
  - c. penggunaan endonuklease
  - d. pencangkakan gen ke dalam plasmid
  - e. memasukkan gen ke dalam enzim

10. Tujuan uji viabilitas yaitu . . . .

- a. mengetahui keberhasilan isolasi
- b. menumbuhkan sel-sel hasil fusi
- c. mengetahui aktivitas hidup sel
- d. menguji protoplasma hasil isolasi
- e. memilih sel-sel menurut kemampuan tumbuhnya

11. Fusi protoplasma pada sel hewan sangat berguna terutama setelah berhasil membentuk hibridoma. Hibridoma yaitu . . . .

- a. penyatuan 2 sel dari sel induk yang sama
- b. sel yang terbentuk dari radiasi sel kanker
- c. sel baru yang dapat membunuh sel-sel kanker
- d. penyatuan sel antibodi dan sel limfosit b
- e. sel yang terbentuk dari peleburan sel penghasil antibodi dan sel kanker

12. Dalam pembuatan MSG (vetsin), asam glutamat diperoleh melalui . . . .

- a. membran sel bakteri
- b. produk yang dihasilkan bakteri
- c. merusak membran sel bakteri
- d. substrat yang telah diubah oleh bakteri
- e. pengolahan substrat

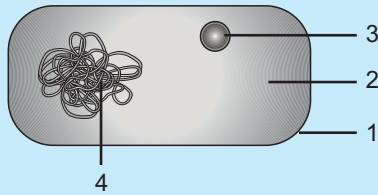
13. Produksi PST dapat mengurangi pencemaran limbah karena . . . .

- a. produksi PST tidak menghasilkan limbah walaupun dalam skala industri
- b. PST bersifat sebagai agen biologis yang dapat membersihkan limbah
- c. produksi PST menggunakan substrat dari limbah
- d. PST dapat mengurangi limbah dengan cara mengubah limbah menjadi makanan ternak
- e. limbah dimanfaatkan sebagai makanan ternak setelah dicampur dengan PST

14. Di antara mikroorganisme berikut yang dimanfaatkan untuk menghasilkan mikoprotein yaitu . . . .

- a. *Fusarium graminearum*
- b. *Saccharomyces cerevisiae*
- c. *Candida utilis*
- d. *Spirulina* sp.
- e. *Rhizopus* sp.

15. Perhatikan skema sebuah bakteri berikut.



Bagian kromosom bakteri dan plasmid secara berturut-turut ditunjukkan oleh nomor . . . .

- 1 dan 3
  - 2 dan 3
  - 2 dan 4
  - 3 dan 4
  - 4 dan 3
16. *Agrobacterium tumefaciens* dapat dijadikan vektor pada proses DNA rekombinan tumbuhan karena . . . .
- A. tumefaciens* dapat menginfeksi pohon tomat, tembakau, dan buncis
  - dapat menginfeksi tumbuhan sehingga terbentuk tumor
  - A. tumefaciens* mempunyai plasmid Ti untuk memotong kromosom tumbuhan
  - mempunyai Ti plasmid yang dapat menyatu dengan DNA tumbuhan inang
  - Ti plasmid pada *A. tumefaciens* dapat membiakkan diri dan mengalami rekombinasi
17. Tomat *Flavr Savr* tahan terhadap kebusukan karena . . . .
- telah disisipi gen ikan salmon sehingga tidak dapat busuk
  - telah ditambah gen baru yang kurang sensitif terhadap etilen
  - direkayasa agar tidak menghasilkan etilen
  - gen penghasil etilen telah dihilangkan
  - disilangkan dengan anyelir transgenik
18. Sapi herman adalah sapi transgenik yang telah disisipi gen manusia sehingga dapat menghasilkan susu yang mengandung . . . .
- gen laktoferin
  - laktoferin
  - somatotropin
  - bovin somatotropin
  - gen somatotropin
19. Pada proses rekayasa genetika enzim yang berperan sebagai lem biologis yaitu . . . .
- endonuklease restriksi
  - HLF
  - ligase
  - laktoferin
  - Eco-R
20. Setelah fusi dilakukan, untuk mendapatkan antibodi monoklonal yang sesuai harus dilakukan . . . .
- pembiakan sel hasil fusi
  - penyuntikan antigen
  - seleksi sel
  - peleburan sel
  - pembekuan sel
21. Penggunaan *Bacillus thuringiensis* berdampak positif bagi lingkungan karena . . . .
- B. thuringiensis* menghambat penyebaran hama
  - dapat menghasilkan toksin usus serangga berupa delta endotoksin
  - menghasilkan protein delta endotoksin yang dapat meracuni jika bertemu enzim di usus serangga
  - B. thuringiensis* memproduksi protein delta endotoksin dan jika disemprotkan pada tanaman membuat serangga akan mati jika memakan daun tersebut
  - protein delta endotoksin dapat dicangkokkan pada tanaman sehingga tanaman tersebut dapat terhindar dari berbagai hama
22. Biohidrometalurgi adalah . . . .
- penggunaan mikroorganisme untuk mencari sumber bahan tambang
  - penggunaan mikrobial dalam membersihkan limbah pertambangan
  - disiplin ilmu baru dalam bidang pengolahan tambang
  - pemisahan logam dari bijihnya
  - pemurnian bahan tambang berkualitas rendah menggunakan mikrobial
23. Obat-obatan produk bioteknologi dapat menimbulkan alergi karena . . . .
- mempunyai homeostasis yang tidak sesuai dengan tubuh manusia
  - mengandung zat alergen
  - mengakibatkan penyempitan pembuluh darah dan saluran pencernaan
  - menjadi resistan terhadap antibiotik
  - menimbulkan infeksi yang susah diobati menggunakan antibiotik biasa

24. Penelitian-penelitian yang berkaitan dengan rekayasa genetika tidak dapat dilepaskan dari potong-sambung DNA. Pemotongan DNA menggunakan . . . .
- enzim
  - gunting mikro
  - pisau mikro
  - sinar laser
  - sinar-X

25. Organisme transgenik dikhawatirkan akan mengganggu kelangsungan . . . .
- organisme
  - ekosistem
  - sosial ekonomi
  - hayati
  - habitat

**B. Jawablah soal-soal berikut.**

- Sebutkan perbedaan bioteknologi modern dengan bioteknologi tradisional.
- Sebutkan manfaat dilaksanakannya kultur jaringan.
- Sebutkan langkah-langkah dalam proses DNA rekombinan.
- Mengapa vektor DNA rekombinan pada tumbuhan sulit ditemukan?
- Tuliskan langkah-langkah yang dilakukan Beachy dalam pengembangan tembakau tahan virus.
- Jelaskan dengan skema langkah-langkah dalam pembuatan insulin.
- Mengapa *Bacillus thuringiensis* dapat memberikan dampak positif terhadap lingkungan?
- Mengapa *Thiobacillus ferrooxidans* dimanfaatkan untuk meningkatkan efektifitas pertambangan?
- Jelaskan dampak negatif rekayasa genetika bagi lingkungan.
- Jelaskan dampak bioteknologi modern terhadap kesehatan.

**C. Berpikir kritis.**

Informasi terkini melaporkan bahwa saat ini sekelompok ilmuwan mengklaim telah menciptakan cip bionik yang ditanam dalam tubuh. Cip tersebut berupa sel yang dijepit oleh tiga lapis silikon. Sel tersebut berperan untuk melengkapi sirkuit listrik. Mereka telah mengembangkan cip mikroelektroporasi dengan memasukkan sel hidup dalam sirkuit listrik. Hal ini seperti menambah gen baru. Lewat cip yang ditanam dalam tubuhnya, manusia tidak perlu lagi berkomunikasi dengan sesamanya lewat suara karena saraf-sarafnya telah dihubungkan dengan komputer. Sehingga materi pembicaraan dapat ditransfer dalam sebuah data. Manusia akan benar-benar berbeda ketika *intelligence machine* telah menggantikan otak dan emosi.

**Pertanyaan:**

Bagaimanakah pendapat Anda mengenai teks di atas? Apa dampaknya bagi lingkungan, sosial, dan etika moral?





## Refleksi

### Bioteknologi

Jawablah beberapa pertanyaan berikut.

1. Apakah perbedaan prinsip bioteknologi konvensional dan modern?
2. Sebutkan prinsip dasar rekayasa genetika.
3. Jelaskan langkah-langkah melakukan teknik DNA rekombinan.
4. Jelaskan peranan rekayasa genetika di bidang pangan, pertanian dan peternakan, serta kedokteran.
5. Jelaskan dampak rekayasa genetika terhadap lingkungan.

Pelajari kembali

Jawaban betul < 60%

Jawaban betul  $\geq 60\%$

Selamat . . .!

Anda telah menyelesaikan semua materi pelajaran Biologi di Kelas XII ini. Ingat, sebentar lagi Anda akan menghadapi Ujian Akhir Sekolah. Belajarlah dengan tekun agar Anda lulus ujian.