



Sumber: Biology Concepts & Connections, 2006

B a b 8

Bioteknologi

Pada bab ini, Anda akan diajak untuk dapat memahami prinsip-prinsip dasar bioteknologi serta penerapannya dalam kehidupan. Untuk itu, Anda harus memahami arti, prinsip dasar, dan jenis-jenis bioteknologi serta menjelaskan dan menganalisis peran bioteknologi serta implikasi hasil-hasil bioteknologi dalam kehidupan.

Anda tentu pernah memakan tempe, roti, atau keju, bukan? Bagaimana dengan yoghurt, apakah Anda mengenalnya? Jika jawaban Anda adalah "ya", berarti Anda telah menggunakan beberapa produk hasil bioteknologi. Bioteknologi menggunakan makhluk hidup, pada umumnya berupa mikroorganisme (bakteri dan jamur), untuk menghasilkan produk yang bermanfaat bagi manusia. Walaupun terdengar sebagai sesuatu yang sangat baru, bioteknologi sebenarnya sudah digunakan dalam berbagai proses pada zaman dahulu. Misalnya, penggunaan ragi untuk mengembangkan dan membuat adonan roti serta pembuatan keju dan minuman beralkohol. Sungguh luas ilmu yang Yang Maha Menguasai.

Bagaimanakah prinsip dasar bioteknologi tersebut? Mikroorganisme apa sajakah yang dapat digunakan dalam proses bioteknologi? Apakah manfaat bioteknologi bagi kehidupan manusia?

Melalui diskusi dan kegiatan, Anda diharapkan dapat lebih memahami materi tentang bioteknologi. Selamat belajar.

- A. Prinsip Dasar Bioteknologi**
- B. Jenis-Jenis Bioteknologi**
- C. Sifat Dasar Mikroorganisme**
- D. Produk dan Jasa**
- E. Implikasi Bioteknologi**

Soal Pramateri

1. Menurut pendapat Anda, apakah yang dimaksud dengan bioteknologi?
2. Mengapa mikroorganisme digunakan dalam bioteknologi?
3. Sebutkan beberapa produk bioteknologi yang Anda ketahui.

A Prinsip Dasar Bioteknologi

Di antara kita mungkin sudah sering mendengar kata bioteknologi. Akan tetapi, Apakah bioteknologi itu? Menurut Yuwono (2006: 1), **bioteknologi** memiliki pengertian penerapan prinsip-prinsip biologi, biokimia, dan rekayasa dalam pengolahan bahan dengan memanfaatkan agensia jasad hidup dan komponen-komponennya untuk menghasilkan barang dan jasa.

Dengan melihat pengertian tersebut, semua produk atau jasa yang berasal dari jasad hidup atau komponennya dan yang dihasilkan dari penerapan teknik biologi, biokimia, dan rekayasa adalah produk atau jasa bioteknologi. Apakah tempe dan tape termasuk produk bioteknologi? Jika Anda kembali melihat pengertian bioteknologi, beberapa produk jasad hidup yang telah dikembangkan ratusan tahun yang lalu, seperti yogurt, kefir, dan tempe, merupakan produk bioteknologi.

Anda mungkin telah menjadi salah satu konsumen makanan produk bioteknologi yang dibuat sederhana (**Gambar 8.1**). Beberapa jenis minuman tradisional, seperti tuak dan arak, juga dibuat dengan menggunakan bioteknologi sederhana. Nenek moyang kita menemukan teknologi ini secara tidak sengaja. Kemudian, teknik ini diturunkan dari generasi ke generasi.



Sumber: www.thaifood.com www.users.chariot.net.com

Gambar 8.1

Produk bioteknologi.
(a) Kecap (b) tape ketan hitam dan tape merupakan produk hasil bioteknologi sederhana.

Dapatkan Anda menyebutkan produk bioteknologi sederhana lainnya?

Dalam batasan pengertian bioteknologi, ada beberapa ciri dari suatu proses bioteknologi. Ciri-ciri tersebut sebagai berikut.

1. Adanya agen biologi yang dipergunakan. Agen biologi yang dipergunakan ini tidak hanya dalam bentuk fisik yang dipanen, namun juga termasuk di dalamnya adalah hasil metabolit sekunder atau enzim yang dihasilkan.
2. Penggunaan agen biologi dilakukan dengan suatu cara atau metode tertentu.
3. Adanya produk turunan atau jasa yang dipakai dari proses penggunaan agen biologi tersebut.

Penerapan dari ciri-ciri bioteknologi tersebut adalah dalam proses pembuatan tape yang menggunakan ragi, atau pembuatan tempe dengan bantuan *Rhizopus* sp. Proses ini dilakukan dengan tahapan tertentu dan memanfaatkan enzim yang dihasilkan oleh agen biologi. Dalam pembuatan tape, ragi (*Saccharomyces cereviceae*) mengeluarkan enzim yang dapat memecah karbohidrat pada beras ketan atau singkong menjadi gula yang lebih sederhana. Adapun pada pembuatan tempe, *Rhizopus* sp. mengeluarkan enzim proteinase yang memecah protein kedelai menjadi protein yang lebih sederhana.

Berbagai kemajuan yang dicapai di bidang ilmu biologi dan ilmu rekayasa lainnya turut mendorong kemajuan pemanfaatan agen biologi secara lebih maju lagi. Selain itu, kondisi kehidupan saat ini juga menuntut adanya

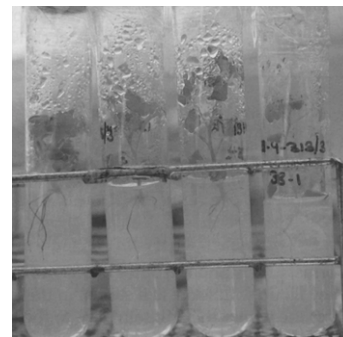
perbaikan terhadap kualitas kehidupan dan kualitas lingkungan sebagai pendukung (perhatikanlah **Gambar 8.2**). Oleh karenanya, diperlukan teknologi alternatif yang terus dikembangkan.

Beberapa faktor yang menyebabkan teknologi alternatif perlu terus dikembangkan adalah:

1. kelaparan yang terjadi akibat tidak seimbangnya populasi manusia dengan tumbuhan pangan yang diproduksi;
2. semakin tereksplorasi kehidupan di dalam laut yang menciptakan banyak sekali potensi untuk dikembangkan dalam berbagai bidang seperti pangan, kesehatan, dan pengembangan di bidang lainnya;
3. semakin berkurangnya sumber daya bahan bakar fosil dan meningkatnya polusi akibat dari penggunaan bahan bakar fosil ini;
4. peningkatan pencemaran lingkungan yang memerlukan penanggulangan dengan cara yang lebih alami;
5. penemuan prinsip-prinsip rekayasa genetika dalam penciptaan varietas spesies baru dan terapi penyakit;
6. penemuan di bidang kesehatan mulai dari pembentukan antibodi, terapi kanker atau tumor, produksi hormon, identifikasi tumbuhan obat yang bermanfaat, serta penemuan lain di bidang farmasi.

Berdasarkan beberapa faktor penyebab di atas maka ada beberapa hal yang menjadi prioritas utama pengembangan bioteknologi, yakni di bidang pangan, lingkungan, kesehatan, dan sumber energi.

Bioteknologi selalu berkaitan dengan reaksi-reaksi biologis yang dilakukan oleh jasad hidup. Jasad hidup yang sering dimanfaatkan dalam bioteknologi adalah mikroorganisme. Mengapa? Jasad hidup yang dimanfaatkan bisa dalam bentuk individu atau komponen-komponen tubuhnya, seperti organel, sel, jaringan, bahkan bisa dalam bentuk molekul-molekul tertentu (misalnya, protein, enzim, DNA, atau RNA).



Sumber: Biology or You, 2002

Gambar 8.2

Teknologi kultur jaringan saat ini banyak dipergunakan dalam bidang pertanian.

Soal Penguasaan Materi 8.1

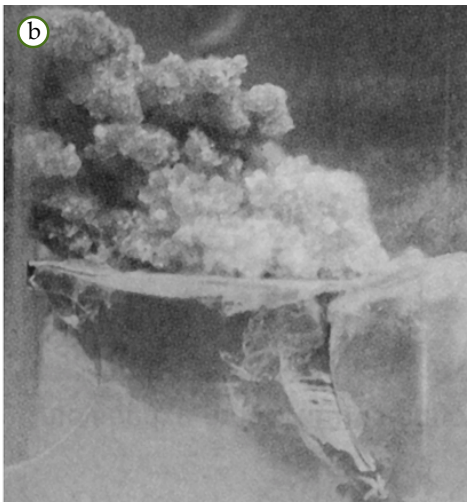
Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Apakah yang dimaksud dengan bioteknologi?
2. Sebutkan ciri-ciri dari suatu proses bioteknologi secara umum.
3. Apa syarat suatu produk dikatakan sebagai hasil bioteknologi? Sebutkan contohnya.

B Jenis-Jenis Bioteknologi

Secara umum, bioteknologi dikelompokkan menjadi dua jenis, yakni **bioteknologi konvensional** (sederhana) dan **bioteknologi modern**. Bioteknologi konvensional menggunakan penerapan-penerapan biologi, biokimia, atau rekayasa masih dalam tingkat yang terbatas. Bioteknologi jenis ini belum menggunakan teknik rekayasa molekuler dengan tingkatan yang rumit dan terarah. Kalaupun menggunakan rekayasa molekuler, rekayasa tersebut belum sepenuhnya dapat dikendalikan. Bioteknologi konvensional menggunakan jasad hidup sebagaimana "apa adanya". Apakah contoh produk bioteknologi konvensional?

Bioteknologi modern telah menggunakan teknik rekayasa tingkat tinggi dan terarah sehingga hasilnya dapat dikendalikan dengan baik. Teknik yang sering digunakan saat ini adalah dengan melakukan manipulasi genetik pada suatu jasad hidup secara terarah sehingga diperoleh hasil sesuai dengan yang diinginkan. Perkembangan bioteknologi modern tidak terlepas dari terkuaknya misteri struktur DNA.



Gambar 8.3

Produksi buah-buahan berkualitas, seperti (a) apel dapat dihasilkan melalui (b) kultur in vitro.

Sumber: Botany, 1995

Teknik manipulasi yang sering digunakan dalam bioteknologi modern adalah teknik manipulasi bahan genetik (DNA) secara *in vitro*. *In vitro*, adalah proses biologi yang berlangsung dalam kondisi percobaan di luar sel atau organisme, misalnya dalam tabung percobaan (**Gambar 8.3**). Dengan teknik yang dikenal dengan DNA rekombinan atau rekayasa genetika, para ilmuwan dapat menyambung molekul-molekul DNA dari jasad hidup yang berbeda menjadi suatu molekul DNA rekombinan. Rekayasa genetika telah menjadi tulang punggung dari bioteknologi modern saat ini (Yuwono, 2006: 2).

Tabel berikut menunjukkan contoh bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern.

Tabel 8.1 Contoh Penggunaan Teknik Konvensional dan Bioteknologi Modern dalam Praktik Pertanian

Kegiatan	Teknik Konvensional	Bioteknologi Modern
	Contoh	Contoh
Budidaya tanaman	Penggunaan galur tanaman alami yang belum mengalami modifikasi genetik	Budidaya tanaman transgenik yang membawa gen ketahanan terhadap herbisida
Pengendalian hama dan penyakit	Penggunaan bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> alami untuk pengendalian hama	Penggunaan galur tanaman transgenik yang membawa gen <i>cry</i> dari <i>Bacillus thuringiensis</i>

Sumber: Bioteknologi Pertanian, 2006

Soal Penguasaan Materi 8.2

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Apakah perbedaan bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern? Jelaskan.
2. Sebutkan masing-masing lima contoh produk bioteknologi konvensional dan modern.

C Sifat Dasar Mikroorganisme

Sumber agen biologi yang diperlukan dalam proses bioteknologi, dapat diperoleh dengan cara mengembangkan atau menumbuhkan organisme tertentu. Sebagian besar organisme yang digunakan dalam mikroorganisme. Oleh karena itu, pengetahuan dan kemampuan menumbuhkan mikroorganisme menjadi hal yang penting dalam bioteknologi.

Sebelum ilmuwan dapat menggunakan mikroorganisme untuk keperluan fermentasi atau proses bioteknologi lainnya, mereka harus dapat menumbuhkan kultur murni yang tidak terkontaminasi oleh mikroorganisme jenis lain. Kultur tersebut hanya mengandung mikroorganisme yang diperlukan.

Mikroorganisme merupakan agen yang digunakan secara luas dalam proses bioteknologi. Pada dasarnya, mikroorganisme tidak menyediakan suatu produk untuk kita, tetapi mikroorganisme melakukan proses-proses dasar metabolisme untuk dirinya sendiri dalam berkembang biak. Pada proses pembuatan yoghurt, susu merupakan media yang kaya akan protein dan sangat digemari oleh bakteri ataupun jamur. Bakteri *Lactobacillus bulgaricus* yang ditambahkan ke dalam susu akan memfermentasi susu tersebut dan menghasilkan produk olahan yang kita sebut dengan yoghurt. Protein dalam susu seperti kasein diubah menjadi asam laktat oleh bakteri sehingga rasa yoghurt menjadi asam. Semakin banyak asam laktat yang diproduksi, semakin banyak juga jumlah bakteri *Lactobacillus bulgaricus* yang ada (**Gambar 8.4**).

Selain produksi enzim, yang merupakan dasar dari pembuatan produk berbasis bioteknologi konvensional, mikroorganisme juga dimanfaatkan karena pertumbuhannya yang sangat cepat. Pembelahan sel mikroorganisme terjadi dalam waktu singkat dan cepat sehingga dalam waktu 24 jam dapat diperoleh keturunan berjumlah banyak. Dalam waktu singkat dengan jumlah yang banyak, maka efisiensi penggunaan waktu oleh mikroorganisme menjadi sangat tinggi. Pengetahuan dasar mengenai mikroorganisme (dibahas dalam cabang ilmu biologi, yakni mikrobiologi) mutlak diperlukan dalam proses pengembangan bioteknologi selanjutnya.

Beberapa alasan yang menyebabkan mikroorganisme tersebut digunakan dalam bioteknologi adalah karena mikroorganisme memiliki sifat-sifat dasar seperti sebagai berikut.

1. Perkembangbiakkan mikroorganisme relatif sangat cepat.
2. Sifat dasar dari mikroorganisme relatif mudah dimodifikasi, misalnya dengan teknik rekayasa genetik.
3. Mikroorganisme mampu memproses bahan baku lebih cepat dibandingkan yang dilakukan hewan maupun tumbuhan sehingga mampu mempercepat kecepatan produksi.

Diketahuinya sifat dasar dari mikroorganisme, seperti pengetahuan mengenai adanya plasmid, menggugah penelitian yang lebih jauh lagi mengenai potensi transgenik (pemindahan gen). Dalam dunia kesehatan, bakteri ini digunakan dalam memproduksi enzim atau hormon yang berguna dalam pengobatan pasien seperti penggunaan bakteri dalam produksi hormon insulin.

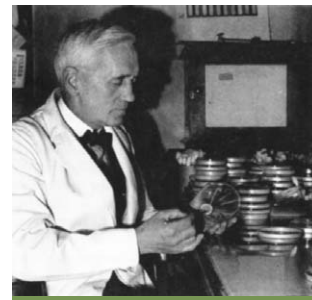
Contoh metabolisme mikroorganisme yang dimanfaatkan di dalam dunia kesehatan adalah penemuan zat antibiotik dari jamur *Penicillium* sp. yang ditemukan oleh **Alexander Flemming** pada 1928. Dalam perkembangan selanjutnya, ide mengenai kemampuan metabolisme mikroorganisme, plasmid, dan kemampuan reproduksi menjadi fokus utama dalam penelitian bioteknologi. Selain itu, dikembangkan juga bioteknologi berbasis hewan dan manusia dalam teknologi kloning.

Soal Penguasaan Materi 8.3

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Mengapa mikroorganisme sering digunakan dalam bioteknologi?
2. Sebutkan empat contoh mikroorganisme yang telah dimanfaatkan dalam bioteknologi.

Tokoh Biologi



**Alexander Flemming
(1881–1955)**

Alexander Flemming adalah seorang ahli mikrobiologi dari Inggris yang menemukan antibiotik pertama.

Sumber: Concise Encyclopedia Nature, 1994



Sumber: www.arches.uga.com

Gambar 8.4

Bakteri *Lactobacillus bulgaricus*. Bakteri ini merupakan agen biologi yang membantu dalam pembuatan beberapa produk hasil bioteknologi.

Wawasan Biologi

Selain bermanfaat untuk tujuan baik, bakteri, jamur, dan virus dapat digunakan sebagai senjata biologis. Bakteri *Bacillus anthracis*, *Yersinia pestis*, *Clostridium botulinum*, dan virus variola merupakan senjata biologis yang umum digunakan serta memiliki daya bunuh yang besar.

Sumber: Biology: Concepts and Connections, 2006



D Produk dan Jasa

Produk dan jasa bioteknologi mampu memberikan manfaat bagi makhluk hidup, khususnya manusia. Contohnya, dahulu untuk memperoleh 1 cc hormon insulin bagi penderita diabetes, diperlukan perasan sekitar sembilan lambung babi. Akan tetapi, dengan adanya teknologi transfer DNA, fragmen DNA penghasil hormon insulin ini dapat dicangkakan pada plasmid sehingga akan ikut dalam metabolisme sel bakteri dan diperoleh hormon insulin kotor. Melalui teknik pemurnian, maka hormon insulin dapat diberikan pada penderita. Selain produk yang sangat menolong ini, ada banyak jenis produk dan jasa bioteknologi dalam kehidupan. Perhatikan penjelasan berikut.

Kata Kunci

- *Lactobacillus subtilis*
- *Lactobacillus bulgaricus*
- Transfer DNA
- Yoghurt
- Keju
- Curd

1. Bioteknologi dalam Bidang Pengolahan Pangan

Dalam kehidupan sehari-hari, sebenarnya kita berkaitan erat dengan bioteknologi. Beberapa jenis makanan dan minuman yang kita konsumsi sebenarnya merupakan produk dari bioteknologi. Tape, roti, keju, atau yoghurt adalah beberapa produk bioteknologi yang biasa dikonsumsi. Proses untuk mengolah beberapa jenis makanan tersebut biasa disebut bioteknologi sederhana. Apakah Anda tahu mikroorganisme yang berperan dalam pembuatannya? Berikut contoh makanan dan minuman hasil dari bioteknologi.

a. Yoghurt

Yoghurt merupakan minuman hasil fermentasi susu menggunakan bakteri *Lactobacillus subtilis* atau *Lactobacillus bulgaricus* (**Gambar 8.5**). Bakteri yang di dimanfaatkan mampu mendegradasi protein dalam susu menjadi asam laktat. Proses degradasi ini disebut fermentasi asam laktat dan hasil akhirnya dinamakan yoghurt.



Sumber: www.genietenvanvers.nl

Gambar 8.5

Yoghurt merupakan minuman hasil fermentasi susu oleh bakteri *Lactobacillus bulgaricus*.

b. Keju

Keju merupakan contoh produk bioteknologi yang cukup terkenal (**Gambar 8.6**). Keju dibuat dengan bantuan bakteri pada susu. Bakteri tersebut dikenal sebagai bakteri asam laktat atau *Lactobacillus*. Bakteri *Lactobacillus* mengubah laktosa menjadi asam laktat dan menyebabkan susu menggumpal.

Pada pembuatan keju, kondisi pH harus rendah. Kondisi pH yang rendah membuat susu mengental. Akibatnya protein pada susu berubah menjadi semi solid yang disebut *curd*. Proses ini dibantu dengan menambahkan enzim renin. Enzim renin dapat diekstrak dari perut anak sapi. Namun, saat ini enzim renin dapat diproduksi dalam skala besar dengan menggunakan teknik rekayasa genetika.



Sumber: Biology Concepts & Connections, 2006

Gambar 8.6

Keju merupakan produk bioteknologi yang dalam pembuatannya, melibatkan mikroorganisme berupa bakteri *Lactobacillus bulgaricus*.

Setelah susu berubah menjadi *curd*, garam ditambahkan. Garam ini selain untuk menambahkan rasa, berfungsi juga sebagai bahan pengawet. Bakteri kemudian ditambahkan sesuai dengan tipe keju yang akan dibuat. Bakteri

yang ditambahkan ini disebut bakteri pematang. Bakteri pematang berguna memecah protein dan lemak yang terdapat dalam keju.

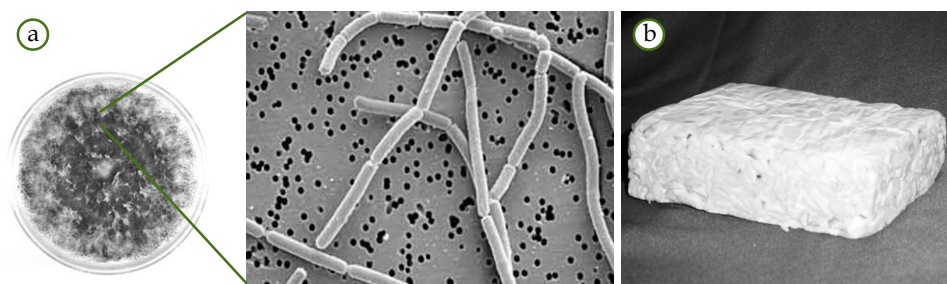
Beberapa jenis keju mempunyai karakteristik tertentu dengan ditambahkan mikroba lain, seperti jamur. Contohnya terdapat pada keju biru, yang mempunyai karakteristik berwarna biru karena ditambahkan jamur pada *curd* kejunya. Untuk mempercepat produksi keju, dapat ditambahkan enzim bakteri selain bakteri pematang itu sendiri.

c. Tempe

Tempe adalah makanan khas Indonesia. Tempe merupakan makanan yang terkenal di Asia Tenggara dan juga merupakan salah satu contoh produk hasil bioteknologi. Tempe terbuat dari kacang kedelai. Karena terbuat dari kacang kedelai yang merupakan sumber protein tinggi, tempe juga merupakan makanan yang mempunyai nilai gizi tinggi.

Tempe dibuat dari kacang kedelai dengan dibantu oleh aktivitas jamur *Rhizopus oryzae* (**Gambar 8.7**). Proses pembuatan tempe cukup sederhana dan mudah dilakukan. Kacang kedelai dicuci bersih, lalu direbus hingga setengah matang. Kemudian, kacang kedelai setengah matang direndam dalam air selama kurang lebih 12 jam (semalaman).

Dengan direndamnya kacang kedelai, dapat menciptakan kondisi asam sehingga mikroba yang biasanya membusukkan makanan dapat dicegah. Setelah direndam, kacang kedelai kembali dicuci bersih dan direbus kembali hingga matang.



Sumber: www.pfdb.com www.genomenewsnetwork.com Dokumentasi Penerbit

Kata Kunci

- hi opus ory ae
- Tempe

Gambar 8.7

(a) Jamur *hi opus ory ae* merupakan mikroorganisme yang membantu dalam pembuatan tempe. (b) Jamur ini digunakan dalam bentuk ragi tempe.

Kacang kedelai yang telah matang tersebut lalu didinginkan dan setelah dingin ditambahkan ragi tempe. Ragi tempe adalah jamur *Rhizopus oryzae*. Kacang kedelai yang telah dicampur dengan ragi tempe, lalu dibungkus oleh daun pisang atau plastik yang dilubangi. Setelah dibungkus, lalu diperam (difermentasi) selama satu malam. Akhirnya diperoleh tempe sebagai produk bioteknologi. Untuk menambah wawasan bioteknologi Anda, lakukanlah kegiatan berikut ini.

Kegiatan 8.1

Pembuatan Tempe

Tujuan

Mempraktikkan cara pembuatan tempe

Alat dan Bahan

Daun pisang, baskom, alat memasak, kacang kedelai, dan ragi tempe

Langkah Kerja

1. Lakukan kegiatan ini bersama kelompok Anda dengan bimbingan guru. Persiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Biji kedelai yang telah dipilih atau dibersihkan dari kotoran, dicuci dengan air yang bersih.



3. Setelah bersih, kedelai direbus dalam air selama 2 jam.
4. Kedelai kemudian direndam 12 jam dalam air panas/hangat bekas air perebusan tadi agar kedelai mengembang.
5. Berikutnya, kedelai direndam dalam air dingin selama 12 jam.
6. Setelah 24 jam direndam seperti pada nomor 3 dan nomor 4, kedelai dicuci dan dikuliti (dikupas).
7. Setelah dikupas, kedelai direbus untuk membunuh bakteri yang kemungkinan tumbuh selama perendaman.
8. Kedelai diambil dari dandang, diletakkan di atas tampah dan diratakan tipis-tipis. Selanjutnya, kedelai dibiarkan dingin sampai permukaan keping kedelai kering dan airnya habis menetes.
9. Sesudah itu, kedelai dicampur dengan ragi guna mempercepat/merangsang pertumbuhan jamur. Proses mencampur kedelai dengan ragi memakan waktu sekitar 20 menit. Tahap peragian (fermentasi) adalah tahap penentu keberhasilan dalam membuat tempe kedelai.
10. Jika campuran bahan fermentasi kedelai sudah rata, campuran tersebut dicetak pada loyang atau cetakan kayu dengan lapisan plastik atau daun yang akhirnya dipakai sebagai pembungkus. Sebelumnya, plastik dilobangi/ditusuk-tusuk. Maksudnya ialah untuk memberi udara supaya jamur yang tumbuh berwarna putih.
11. Campuran kedelai yang telah dicetak dan diratakan permukaannya dihamparkan di atas rak, dan kemudian ditutup selama 24 jam.
12. Setelah 24 jam, tutup dibuka dan campuran kedelai didinginkan atau diangin-anginkan selama 24 jam lagi. Setelah itu, campuran kedelai telah menjadi tempe.
13. Gorenglah tempe tersebut dan cicipi. Bandingkan rasanya dengan biji kedelai sebelum di proses menjadi tempe. Diskusikan hasilnya dan presentasikan di kelas bersama kelompok Anda.

Jawablah pertanyaan berikut untuk menyimpulkan fakta.

1. Apakah kegiatan Anda dengan kelompok Anda berhasil? Jika tidak, mengapa?
2. Menurut Anda faktor apakah yang menentukan kegiatan tersebut berhasil atau gagal?
3. Kegiatan ini merupakan salah satu produk bioteknologi konvensional. Mengapa? Jelaskan alasan Anda.
4. Kesimpulan apakah yang dapat Anda ambil dari kegiatan ini?

d. Tahu

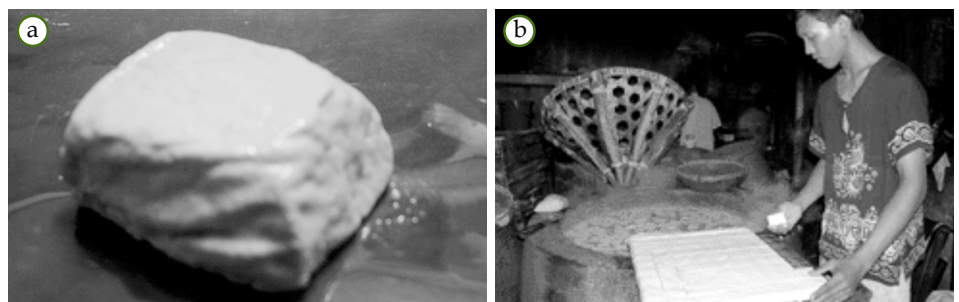
Tahu juga merupakan salah satu contoh produk bioteknologi. Sebagai orang Indonesia, Anda pasti telah mengenal makanan yang bernama tahu, bukan?

Tahu, seperti juga tempe, terbuat dari kacang kedelai. Tahu dibuat dengan cara mencuci kacang kedelai hingga bersih dan merendamnya selama satu malam. Setelah lunak, kacang kedelai digiling menjadi seperti bubur, lalu dididihkan. Setelah dididihkan, bubur kedelai disaring dan ditambahkan kultur bakteri yang dapat menciptakan kondisi asam. Beberapa jenis bakteri yang sering digunakan dalam pembuatan tahu ini adalah bakteri asam laktat. Bubur tahu yang telah ditambahkan bakteri asam laktat ini lalu dicetak, dibumbui, dan diberi garam agar tahan lama (**Gambar 8.8**).

Gambar 8.8

(a) Tahu merupakan makanan hasil bioteknologi konvensional.
(b) Di pabrik tahu, segala pengerjaannya dikerjakan secara konvensional atau menggunakan tangan dan dibantu oleh mikroorganisme.

Bagaimana rasa makanan ini?



Sumber: www.pikiranrakyat.co.id Dokumentasi Penerbit

Tugas Ilmiah 8.1

Ada banyak sekali peranan bioteknologi dalam bidang produksi makanan, selain pada produksi keju, yoghurt, tempe, tahu, dan kecap yang telah diuraikan. Coba Anda cari informasi lain tentang produk-produk makanan lain yang merupakan contoh hasil dari bioteknologi, seperti nata de coco, dan kimchi. Buatlah laporannya dan bagilah informasi tersebut dengan teman-teman Anda (Misalnya, dengan menampilkannya di majalah dinding sekolah).

2. Bioteknologi dalam Bidang Kesehatan

Dalam bidang kesehatan, bioteknologi sudah lama digunakan. Misalnya, dalam pembuatan antibiotik yang dilakukan oleh **Alexander Flemming** pada tahun 1928. Selain dalam pembuatan antibiotik, bioteknologi berperan dalam bidang kesehatan lainnya, seperti pada pembuatan hormon dan bayi tabung.

a. Antibiotik

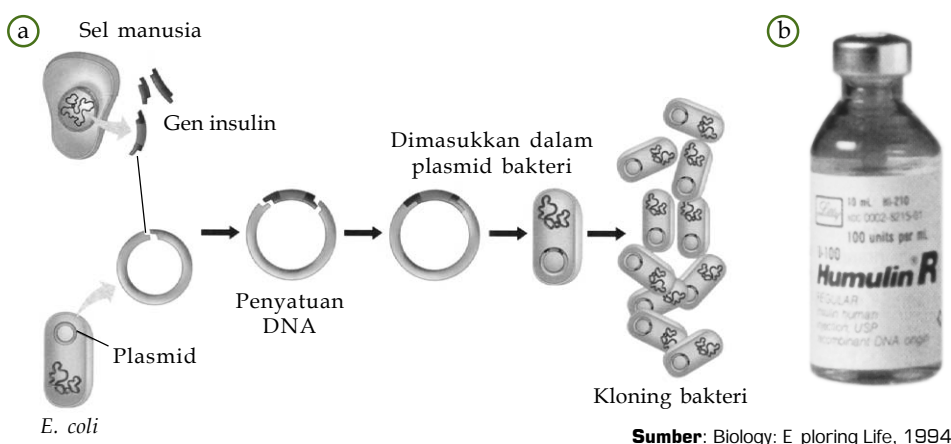
Antibiotik merupakan senyawa yang dihasilkan oleh mikroorganisme tertentu atau dibuat secara semisintetis. Antibiotik berguna menghambat atau membunuh pertumbuhan kuman penyebab penyakit.

Antibiotik pertama yang ditemukan adalah antibiotik yang dihasilkan dari jamur *Penicillium notatum* (**Gambar 8.9**). Penisilin ini adalah antibiotik yang ampuh melawan infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Staphylococcus*.

Antibiotik lainnya yang sekarang banyak dipakai adalah antibiotik yang berasal dari genus *Streptomyces*. Antibiotik yang termasuk kelompok ini adalah *Streptomycin* dan *Tetracycline*. Antibiotik tersebut sangat ampuh melawan bakteri *Tuberculosis*.

b. Hormon

Terdapat penyakit-penyakit tertentu pada manusia yang disebabkan oleh adanya masalah pada hormon. Misalnya, penyakit *diabetes mellitus* (DM) atau lebih dikenal sebagai penyakit kencing manis. Penderita penyakit ini kekurangan hormon insulin sehingga kadar gula dalam darahnya sangat tinggi. Dengan adanya bioteknologi, saat ini hormon insulin telah dapat dihasilkan secara buatan (transgenik) dengan bantuan bakteri *Escherichia coli* (**Gambar 8.10**).



Pada sel bakteri *E. coli*, dimasukkan DNA sel manusia yang mengandung gen insulin sehingga bakteri *E. coli* dapat menghasilkan insulin. Karena bakteri dapat berkembang biak dengan cepat maka hormon insulin pun dapat dihasilkan dalam jumlah yang banyak.



Sumber: Biology: E ploring Life, 1994

Gambar 8.9

Hasil teknologi dalam antibiotik. (a) *Penicillium* merupakan penghasil senyawa antibiotik. Antibiotik ini biasanya di kemas dalam bentuk (b) kapsul.

ewaktu Anda sakit pernahkah Anda mengonsumsinya?

Kata Kunci

- Antibiotik
- Hormon

Gambar 8.10

(a) Pembuatan insulin dilakukan dengan menyisipkan gen insulin ke dalam bakteri. (b) Kini, insulin mudah didapatkan oleh penderita diabetes mellitus dalam bentuk cair.

Tokoh Biologi



**Rosalind Franklin
(1920–1958)**

Rosalind Franklin adalah ilmuwan pertama yang meneliti DNA. Ia menggunakan sinar-x untuk mengetahui bentuk molekul DNA. James Watson dan Francis Crick menggunakan temuan Rosalind Franklin. Pada tahun 1953, mereka mengungkapkan model DNA untuk pertama kali. Temuannya ini merupakan salah satu temuan penting bagi perkembangan sains modern.

Sumber: Concise Encyclopedia Nature, 1994

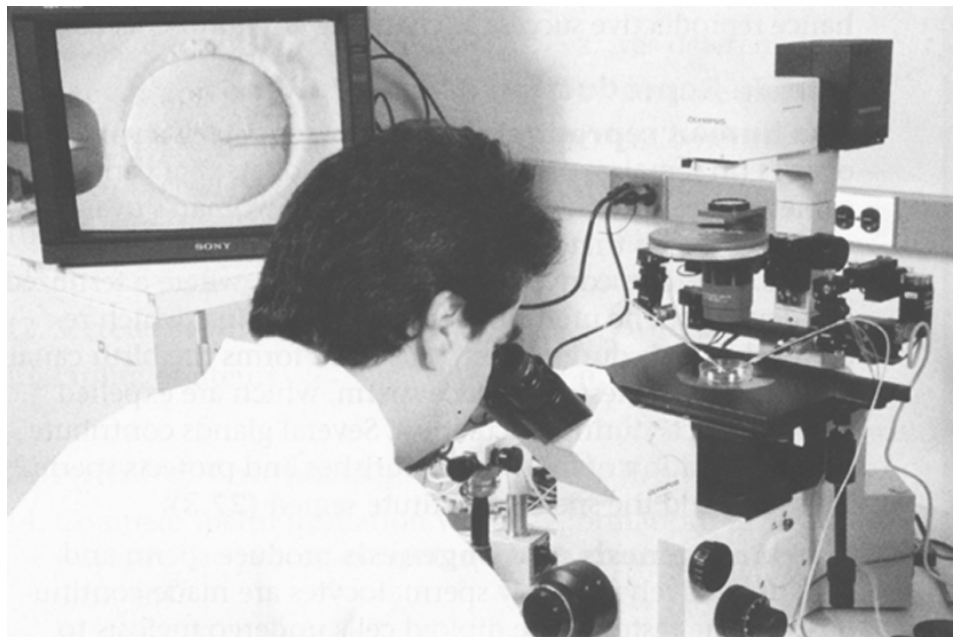
Gambar 8.11

Dalam teknik pembuatan bayi tabung, terjadi pertemuan sel telur dengan sel sperma di luar tubuh ibu.

c. Bayi Tabung

Untuk dapat menghasilkan seorang bayi, harus terjadi pertemuan antara sel telur ibu dan sel sperma ayah. Kadang kala proses pertemuan sel telur dan sel sperma (fertilisasi) tidak dapat terjadi secara baik. Hal tersebut dapat disebabkan oleh adanya penghalang di saluran telur, atau karena kualitas sperma yang kurang bagus sehingga tidak dapat mencapai sel telur.

Jika terjadi masalah tersebut, dapat diatasi dengan teknologi yang disebut teknologi bayi tabung (**Gambar 8.11**). Teknik bayi tabung ini adalah teknik untuk mempertemukan sel sperma dan sel telur di luar tubuh sang ibu (*in vitro fertilization*). Setelah terjadi pertemuan antara sel sperma dan sel telur ini terjadi, proses selanjutnya, embrio yang dihasilkan ditanamkan kembali di rahim ibu hingga terbentuk bayi dan dilahirkan secara normal.



Sumber: Biology Concepts & Connections, 2006

3. Bioteknologi dalam Bidang Pertanian dan Perkebunan

Bioteknologi ikut berperan dalam memajukan bidang pertanian dan perkebunan. Di bidang pertanian, bioteknologi telah mampu menciptakan tumbuhan-tumbuhan yang memiliki sifat unggul, seperti tahan terhadap hama, produksi panen yang lebih banyak, dan waktu panen yang lebih singkat.

Tumbuhan yang memiliki sifat unggul tersebut dapat diperoleh melalui rekayasa genetika, yaitu dengan memasukkan gen-gen yang memiliki sifat yang dikehendaki pada tumbuhan tersebut. Tumbuhan seperti ini disebut sebagai tumbuhan transgenik.

Tumbuhan transgenik pada dasarnya diperoleh melalui teknik memindahkan gen-gen tertentu yang dikehendaki dari organisme lain yang memilikinya. Misalnya, tumbuhan kentang hasil rekayasa genetika yang dilakukan di Cina. Tumbuhan kentang adalah tumbuhan yang tumbuh subur di daerah tropis dan tidak bisa tumbuh di tempat dingin. Oleh karena itu, pada musim dingin kentang tidak bisa tumbuh di Cina. Untuk mengatasi kendala tersebut maka para ilmuwan Cina memasukkan gen tahan dingin dari ikan yang hidup di tempat dingin ke dalam gen kentang sehingga diperoleh kentang yang tahan dingin dan dapat ditanam di daerah yang beriklim dingin.

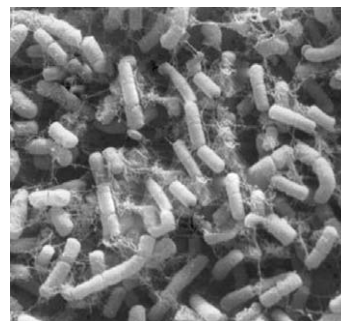
Contoh tumbuhan-tumbuhan transgenik lainnya yang telah berhasil dibuat adalah tumbuhan yang dapat melakukan pemupukan sendiri, tumbuhan yang tahan terhadap penyakit tertentu, dan tumbuhan yang dapat menghasilkan pestisida sendiri.

Dalam hal pestisida atau pembasmian hama tumbuhan, bioteknologi juga telah berhasil mengembangkan pestisida alami dengan menggunakan makhluk hidup yang berperan sebagai agen pengendali secara alami atau disebut *biological control agent*. Misalnya, pada tumbuhan kubis yang sering diserang oleh hama berupa larva ulat Lepidoptera.

Dengan bantuan bioteknologi, larva Lepidoptera tersebut dapat dibasmi dengan menggunakan bakteri *Bacillus thuringiensis* (Bt) (**Gambar 8.12**). Bakteri Bt secara alami menghasilkan racun bagi larva Lepidoptera, namun tidak berbahaya bagi makhluk hidup lain selain larva tersebut. Kini, bakteri Bt telah diproduksi dalam skala industri dan telah dipasarkan sebagai pestisida alami. Bahkan kini terdapat tumbuhan jagung yang telah disisipi gen bakteri Bt sehingga mampu menghasilkan pestisida sendiri.

Peran bioteknologi lainnya dalam bidang pertanian dan perkebunan adalah dengan ditemukannya teknik kultur jaringan. **Teknik kultur jaringan** merupakan suatu teknik memperbanyak tumbuhan dalam skala besar dan waktu yang singkat.

Teknik kultur jaringan dibuat dengan mengambil sel atau jaringan pada tumbuhan, bisa melalui potongan kecil daun, akar, batang, atau bagian tumbuhan yang lainnya. Potongan tumbuhan tersebut lalu ditumbuhkan di suatu medium yang telah dipersiapkan dan mengandung semua zat yang diperlukan untuk pertumbuhan tumbuhan. Dari potongan tumbuhan tersebut, akan tumbuh menjadi individu baru yang utuh (lihat **Gambar 8.13**). Teknik kultur jaringan ini menggunakan sifat totipotensi sel. Sifat totipotensi adalah sifat sel yang mampu menjadi satu individu baru utuh.



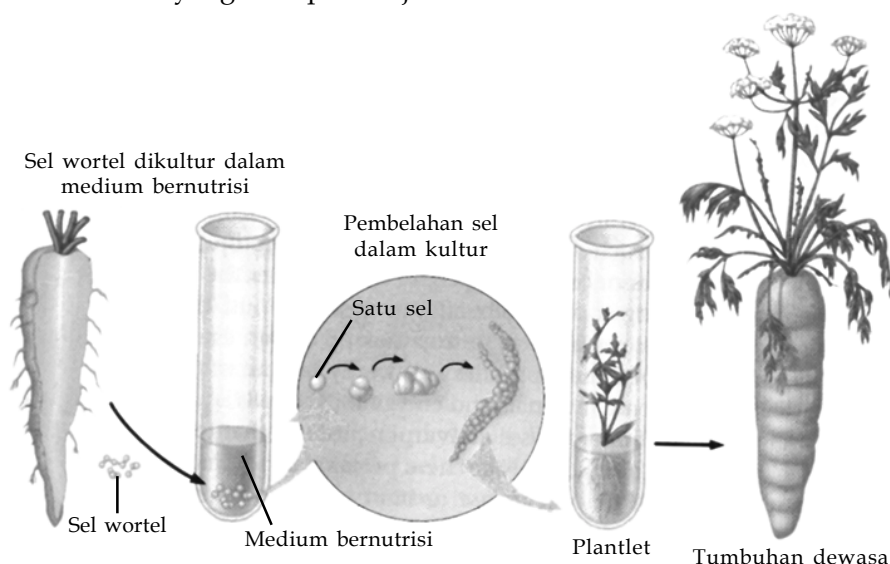
Sumber: www.magma.com

Gambar 8.12

Bakteri *Bacillus thuringiensis* merupakan salah satu agen pengendali secara alami. Bakteri ini digunakan untuk membasmi larva Lepidoptera.

Kata Kunci

- *Bacillus thuringiensis*
- Kultur jaringan



Sumber: www.arc.agris. a Biology Concepts & Connections, 2006

Gambar 8.13

Proses kultur jaringan pada tumbuhan wortel.

Medium apakah yang digunakan dalam kultur jaringan?

Keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dari teknik kultur jaringan ini adalah:

- dapat dilakukan di lahan yang sempit, artinya tidak diperlukan lahan yang luas untuk memproduksi bibit tumbuhan yang banyak;
- bibit tumbuhan dapat diperoleh dalam jumlah yang banyak dengan waktu yang singkat;
- bibit tumbuhan yang didapat dari teknik kultur jaringan mempunyai sifat yang seragam dan sama dengan induk tumbuhannya.

4. Bioteknologi dalam Bidang Peternakan

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bioteknologi telah berhasil menciptakan hormon yang diproduksi oleh mikroorganisme. Ternyata, produksi hormon tersebut diperlukan juga dalam bidang peternakan.

Saat ini, hewan-hewan ternak biasa diberi vaksin dan hormon pertumbuhan sehingga hewan-hewan ternak tahan terhadap penyakit tertentu dan produksinya meningkat.

Contohnya, beberapa sapi diberi hormon pertumbuhan sapi *Bovine Growth Hormone* (BGH) yang dibuat dari bakteri *E. coli* berguna untuk menaikkan produksi susu. Dengan diberikannya BGH, produksi daging yang dihasilkan juga dapat meningkat.

Vaksin hasil bioteknologi juga telah banyak berperan dalam bidang peternakan. Misalnya, vaksin yang diberikan kepada sapi untuk mencegah penularan penyakit mulut dan kuku, juga vaksin yang diberikan kepada ternak unggas untuk mencegah penyakit tetelo atau *new castle disease* (NCD).

5. Bioteknologi dalam Bidang Pengelolaan Lingkungan

Dalam bidang pengelolaan lingkungan hidup, bioteknologi juga memegang peranan yang penting. Misalnya, penggunaan bakteri aktif di instalansi-instalansi pengolahan air limbah. Untuk mengefisienkan pengolahan limbah, digunakan mikroorganisme yang dapat mengubah sampah organik menjadi substansi yang lebih sederhana.

Penggunaan mikroorganisme untuk pengelolaan lingkungan juga telah terbukti ketika terjadi kebocoran kapal tanker. Minyak mentah yang mencemari pantai dibersihkan menggunakan bakteri yang dapat mengurai minyak mentah tersebut (**Gambar 8.14**).



Gambar 8.14

Bakteri yang sedang disemprotkan untuk mengurai tumpahan minyak di pantai.

Sumber: Biology: E ploring Life, 1994

Contoh lain penerapan bioteknologi dalam bidang pengelolaan lingkungan adalah pembuatan biogas dari limbah-limbah organik yang ada. Biogas ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif.

Tugas Ilmiah 8.2

Bioteknologi sangat jelas telah memegang peranan dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Cari dan kumpulkanlah oleh Anda artikel-artikel yang berhubungan dengan peran bioteknologi dalam berbagai bidang kehidupan, selain yang telah dijelaskan pada subbab ini. Jika ada, carilah juga mengenai dampak positif dan negatif penggunaan produk bioteknologi tersebut dalam masyarakat. Buatlah menjadi sebuah karya tulis dan presentasikan di hadapan teman-teman kelas Anda.

Soal Penguasaan Materi 8.4

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Mengapa bioteknologi banyak digunakan dalam berbagai bidang?
2. Sebutkan contoh produk bioteknologi yang sering Anda temukan dalam kehidupan sehari-hari.
3. Jelaskan peranan bioteknologi dalam kesehatan.

E Implikasi Bioteknologi

Teknologi yang diciptakan oleh manusia tentu mempunyai implikasi terhadap kehidupan manusia itu sendiri. Begitu pula dengan ditemukan dan digunakannya bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari.

1. Implikasi dalam Kehidupan

Adanya perkembangan dalam bioteknologi telah menimbulkan harapan baru bagi kesembuhan penderita kelainan-kelainan genetik. Penyediaan obat-obatan dapat dilakukan secara massal dengan harga yang lebih murah. Perkembangan bibit unggul dan reproduksi tumbuhan secara cepat dengan hasil yang maksimal juga menjadi keuntungan yang dapat dirasakan oleh masyarakat luas.

Namun dibalik semua harapan itu, terdapat pengaruh lain yang harus diwaspadai. Produk bioteknologi yang dipatenkan, umumnya berasal dari luar negeri, dapat membantu petani sekaligus menciptakan ketergantungan penggunaan bibit. Pada umumnya, tumbuhan transgenik merupakan tumbuhan steril dan tidak dapat diperbanyak secara konvensional. Hal ini sangat merugikan petani karena untuk mendapatkannya mereka harus terus membeli bibit dan tidak dapat melakukan pembibitan. Dengan begitu, maka akan terjadi ketergantungan dari negara penghasil pangan ke negara penghasil bibit.

Teknologi bayi tabung dan teknologi kloning merupakan salah satu contoh teknologi yang masih diperdebatkan hingga kini. Mungkin untuk teknologi bayi tabung yang menggunakan sel sperma dan sel telur dari pasangan suami istri, tidak banyak dipertentangkan dan merupakan jalan keluar bagi pasangan yang sulit memiliki keturunan. Bagaimana jika sel telur ditanam pada wanita lain? Apa pendapat Anda jika sel sperma didapat bukan dari pasangan suami istri?

Begitu juga dengan teknologi kloning. Meskipun teknologi ini membawa harapan bagi penderita kelainan genetik, namun kloning pada manusia ditentang banyak kalangan karena dianggap bertentangan dengan moral, agama, dan etika. Teknologi kloning yang pernah dilakukan adalah pada domba Dolly. Perhatikan **Gambar 8.15**.

Wawasan Biologi

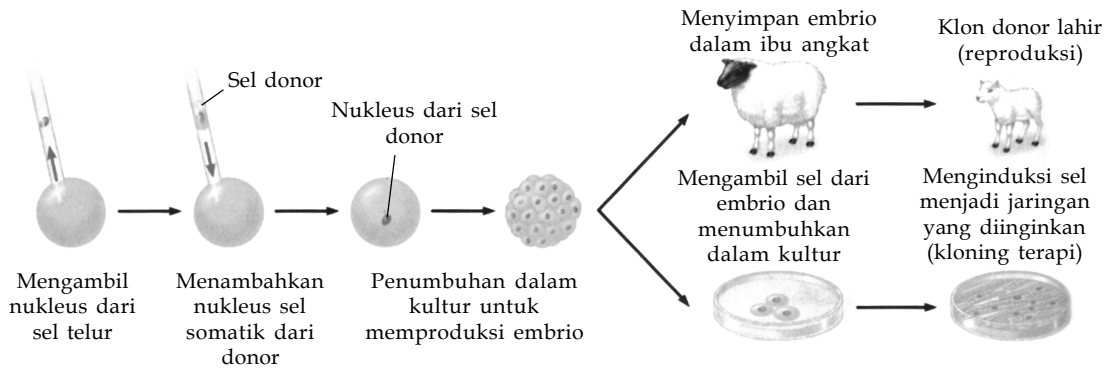
Colin Pitchfork adalah orang pertama yang didakwa bersalah atas pemerkosaan dan pembunuhan yang diselesaikan melalui sidik DNA. Kasus pembunuhan yang merenggut nyawa dua orang wanita muda pada tahun 1983 dan 1986 ini terjadi di kota Narborough, Inggris. Hal ini dapat dilakukan karena urutan DNA setiap orang berbeda, kecuali untuk kembar identik.

Sumber: Biology Concepts & Connections, 2006

Kata Kunci

- Bayi tabung
- Kloning

(a)



(b)

**Gambar 8.15**

(a) Teknik kloning yang dilakukan pada sel hewan telah menghasilkan klon domba yang diberi nama (b) domba Dolly. Apa pendapat Anda jika kloning dilakukan terhadap manusia?

Sumber: Biology Concepts & Connections, 2006 www.inet.com

Dampak yang mungkin kurang diperhatikan adalah dampak yang timbul pada kehidupan liar. Penggunaan tumbuhan transgenik yang tahan terhadap hama pengganggu, ternyata mengakibatkan masalah terhadap organisme *non target*. Beberapa jenis burung yang secara alami memakan hama pengganggu dan kupu-kupu penghisap nektar bunga tumbuhan transgenik dapat terkena imbasnya juga. Pengamatan di lokasi percobaan tumbuhan kapas transgenik yang disisipi gen bersifat insektisida dan herbisida, ditemukan kematian lebah dalam jumlah yang cukup tinggi.

Jika hal ini sudah terjadi dan terlanjur dibiarkan maka Indonesia sebagai negara dengan tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi dan penghasil pangan akan sangat dirugikan. Keanekaragaman hayati kita adalah sumber dari ilmu pengetahuan yang seharusnya digunakan untuk kesejahteraan bangsanya.

Jadi, dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa pada dasarnya perkembangan dalam bioteknologi memiliki dampak yang positif maupun yang negatif. Oleh karena itu, dalam menggunakan bioteknologi, manusia dituntut untuk berperilaku bijak, tidak berlebihan, dan memerhatikan dampaknya di masa yang akan datang.

Kata Kunci

- Bioteknologi
- GMO

2. Polemik dalam Pengembangan Teknologi

Teknologi yang diciptakan pada awalnya bertujuan untuk membantu. Namun, karena keterbatasan manusia dalam memprediksi mengakibatkan kurang cermatnya penanggulangan dampak akibat teknologi yang dikembangkan itu. Dalam memprediksi hal tersebut, maka banyak sekali perdebatan mengenai dampak yang akan diterima dikemudian hari. Organisasi LSM (Lembaga Swadaya Masyarakat) internasional banyak yang mengkhawatirkan dampak lanjutan akibat mengonsumsi organisme yang

telah mengalami modifikasi genetik (GMO = *genetic modified organism*). Bentuk kehati-hatian terhadap peredaran benih transgenik mungkin dapat dilihat dari contoh kasus berikut.

Penggunaan GMO secara luas telah dilakukan di Amerika. Hampir 57 persen dari kacang kedelai dan 30 persen dari tumbuhan jagung yang dibudidayakan di Amerika pada tahun 1999 adalah GMO yang resisten terhadap serangan hama dan gulma. Pada bulan Februari 1999, setidaknya ada 64 tumbuhan budidaya GMO yang telah disetujui oleh pemerintah Amerika Serikat dan Kanada, 20 di Jepang, namun hanya ada delapan di Eropa.

Kehati-hatian terhadap GMO ditunjukkan oleh negara-negara Eropa yang belum mendapat kepastian mengenai tingkat keamanan baik terhadap manusia ataupun lingkungan secara keseluruhan. Lingkungan hidup di sekitar kita wajib dijaga, karena meskipun tidak dapat digunakan secara langsung, lingkungan hidup beserta kehidupan liar di dalamnya mempunyai manfaat yang besar bagi kehidupan seluruh makhluk hidup di dalamnya.

Perkembangan ilmu pengetahuan lebih jauh telah mampu membawa ilmuwan untuk bukan hanya memodifikasi, melainkan 'menciptakan' makhluk hidup. Hal ini dimungkinkan dengan semakin majunya teknologi kloning makhluk hidup. Tanpa adanya fertilisasi antara dua gamet, sebuah individu organisme dapat diciptakan. Perkembangan kloning ini telah menuju pada praktik kloning yang dilakukan pada manusia. Sejauh ini, belum ada satupun negara di dunia yang melegalkan praktik kloning pada manusia dalam suatu undang-undang atau konstitusi. Perkembangan kloning pada manusia ini telah menimbulkan suatu polemik etika perikemanusiaan.

Meskipun pada dasarnya kloning berupaya untuk membantu pasangan mandul yang ingin memperoleh keturunan atau membantu seseorang yang tidak ingin memiliki pasangan untuk memperoleh keturunan. Namun, para ahli memerhatikan efek psikologis yang terjadi apabila anak yang dilahirkan tersebut memiliki sifat yang identik seperti orangtua biologis mereka, sebagai konsekuensi hasil kloning. Efek psikologis yang mungkin ditimbulkan antara lain adalah perasaan terkucil karena tidak ada kejelasan akan identitas mereka hingga dapat mengakibatkan kerawanan sosial. Apa pendapat Anda?

Soal Penguasaan Materi 8.5

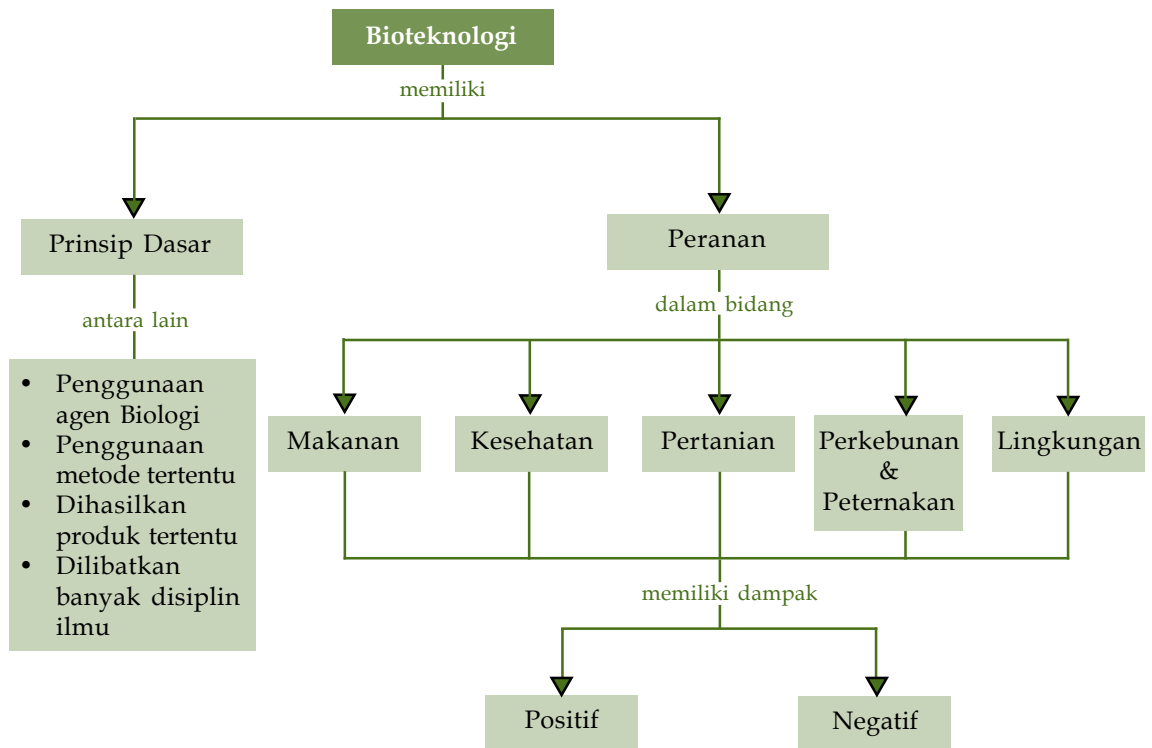
Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Apakah produk bioteknologi memiliki dampak tertentu? Jika ada, sebutkan contohnya.
2. Perdebatan seperti apakah yang terjadi pada pengembangan GMO?

Rangkuman

1. Prinsip dasar dari bioteknologi adalah adanya penggunaan agen biologi, menggunakan metode tertentu, dihasilkannya suatu produk turunan, dan melibatkan banyak disiplin ilmu.
2. Mikroorganisme banyak digunakan dalam proses bioteknologi karena perkembangbiakannya yang relatif cepat, mudah dimodifikasi, dan mampu memproses bahan baku lebih cepat.
3. Bioteknologi dapat diterapkan dalam berbagai bidang, misalnya bidang pengolahan makanan, bidang kesehatan, bidang pertanian dan perkebunan, serta bidang lingkungan.
4. Bioteknologi memiliki pengaruh terhadap kehidupan masyarakat. Bioteknologi memberikan harapan baru bagi penyembuhan penyakit serta peningkatan kualitas dan kuantitas produksi dalam bidang lainnya.
5. Produk bioteknologi dapat menyebabkan perdebatan di masyarakat. Berbagai produk bioteknologi, seperti kloning menimbulkan perdebatan besar terutama jika teknologi tersebut dilakukan pada manusia.

Peta Konsep



Kaji Diri

Setelah mempelajari materi dan peta konsep Bab Bioteknologi, Anda diharapkan telah memahami bioteknologi serta produk-produknya. Ternyata produk bioteknologi telah lama Anda gunakan juga, bukan! Mulai dari produk makanan hingga kain yang Anda kenakan sebagai pakaian, dapat berasal dari proses bioteknologi. Masih banyak produk bioteknologi lainnya dan

Anda mungkin tidak menyadarinya. Produk bioteknologi telah menjadi bagian kehidupan manusia.

Di akhir pembelajaran, rumuskanlah materi yang belum Anda pahami. Kemudian, diskusikan dengan teman-teman atau guru Anda.