

B. Penerapan Bioteknologi dalam Kehidupan

Ayo, Kita Pelajari	Istilah Penting
 <ul style="list-style-type: none">• Bioteknologi pangan• Bioteknologi pertanian• Bioteknologi peternakan• Bioteknologi kesehatan• Bioteknologi lingkungan• Bioteknologi forensik	 <ul style="list-style-type: none">• Tanaman transgenik• Antibiotik• Vaksin• Antibodi monoklonal• Bioremediasi• DNA fingerprinting
 Mengapa Penting? <p>Mempelajari materi ini dapat membantu kamu memahami pemanfaatan makhluk hidup untuk membantu pekerjaan atau menghasilkan suatu produk yang bermanfaat bagi manusia.</p>	

Bioteknologi banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang. Menurutmu apa saja bidang yang memanfaatkan bioteknologi? Simaklah penjelasan terkait bioteknologi di berbagai bidang berikut ini.

1. Bioteknologi Pangan

Bioteknologi pangan adalah bioteknologi yang digunakan untuk menghasilkan produk makanan dengan memanfaatkan mikroorganisme. Beberapa contoh produk bioteknologi di bidang pangan yakni tape, yoghurt, keju, tempe, kecap, roti, dan minuman beralkohol. Penjelasan mengenai proses pembuatan produk makanan dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai berikut.

a. Tape

Tape (Gambar 7.3a) dibuat dengan memanfaatkan mikroorganisme yang ada dalam ragi tape. Salah satu mikroorganisme yang berperan dalam pembuatan tape adalah khamir *Saccharomyces cerevisiae*.



Perhatikan Gambar 7.3b agar kamu mengetahui bentuk khamir tersebut!



Sumber : (a) Dok. Kemdikbud, (b) www.visualphotos.com

Gambar 7.3 (a) Tape Singkong; (b) Khamir *Saccharomyces cerevisiae*

Agar kamu dapat memahami cara pembuatan tape, ayo lakukan aktivitas berikut!



Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 7.1 Membuat Tape dari Berbagai Jenis Bahan

Apa yang kamu perlukan?

1. Air bersih 2 liter
2. 1 kg bahan yang mengandung karbohidrat (singkong, sukun, ketan, atau bahan lain yang ada di daerahmu)
3. 1 buah dandang untuk mengukus
4. 1 buah kompor
5. 1 bungkus ragi tape
6. Daun pisang secukupnya
7. 1 buah kotak atau wadah tertutup

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Kupaslah dan bersihkan singkong atau bahan lain yang kamu pilih.
2. Masaklah singkong atau bahan lain yang kamu pilih dengan cara mengukus bahan sampai matang.
3. Biarkan singkong atau bahan lain yang kamu pilih hingga dingin.
4. Amati tekstur, rasa, dan aroma singkong atau bahan yang kamu pilih. Catatlah hasil pengamatanmu pada Tabel 7.2.

- Taburkan ragi tape sampai merata.
- Bungkus dengan rapat bahan yang sudah ditaburi dengan ragi dengan menggunakan daun pisang, lalu masukkan ke dalam wadah tertutup.
- Biarkan selama 3 hari, setelah 3 hari tape sudah matang.
- Amati tekstur, rasa, dan aroma tape yang telah kamu buat. Catatlah hasil pengamatanmu pada Tabel 7.2.
- Tanyakan kepada kelompok yang lain hasil pengamatan yang mereka lakukan. Catatlah hasil pengamatan temanmu pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2 Data Pengamatan Pembuatan Tape

Bahan	Sebelum Diberi Ragi			Setelah Menjadi Tape		
	Tekstur	Rasa	Aroma	Tekstur	Rasa	Aroma
Singkong						

Apa yang perlu kamu diskusikan?

- Mengapa dalam pembuatan tape harus ditaburi dengan ragi? Apa saja mikroorganisme yang terdapat pada ragi tape?
- Mengapa ragi harus ditaburkan pada saat bahan dalam keadaan dingin ?
- Mengapa dalam pembuatan tape harus ditutup rapat? Proses apa yang terjadi dalam pembuatan tape?
- Mengapa terjadi perubahan tekstur, rasa, dan aroma pada singkong atau bahan lain yang kamu pilih sebagai bahan pembuatan tape setelah diberi ragi dan diperam selama sekitar 3 hari?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

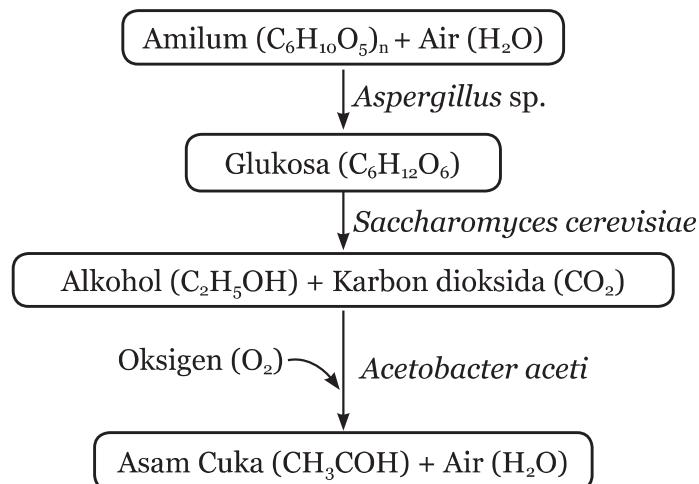
Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?



Selain *Saccharomyces cerevisiae*, jamur *Aspergillus* sp., dan bakteri *Acetobacter aceti* juga berperan dalam pembuatan tape. Mikroorganisme yang terdapat pada ragi tape memiliki peranan yang sinergis, artinya mikroorganisme tersebut akan bekerja bersama untuk mengubah bahan baku dari singkong atau beras ketan menjadi tape.

Selama pembuatan tape terjadi pemecahan (hidrolisis) amilum atau pati menjadi glukosa. Proses ini dibantu oleh jamur *Aspergillus* sp. Proses inilah yang membuat tape berasa manis. Glukosa yang dihasilkan dari proses tersebut difерmentasi menjadi alkohol oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Proses ini menyebabkan tape memiliki aroma yang khas. Proses fermentasi yang dilakukan mikroorganisme dalam pembuatan tape merupakan respirasi anaerob. Artinya dalam prosesnya tidak dibutuhkan oksigen.

Apakah ketika memakan tape kamu merasakan rasa masam? Dari mana rasa masam tersebut? Rasa masam pada tape disebabkan adanya kandungan asam cuka (asam asetat). Asam cuka dihasilkan dari proses fermentasi alkohol oleh bakteri *Acetobacter aceti* secara aerob (dalam keadaan terdapat oksigen). Fermentasi ini terjadi ketika pembungkus tape terbuka. Oleh karena itu, agar tape yang dihasilkan tidak terlalu masam, dalam pembuatan tape harus ditutup rapat. Perhatikan Gambar 7.4!



Sumber: Hastuti, 2012

Gambar 7.4 Perubahan Kimia yang Terjadi dalam Pembuatan Tape



Tahukah Kamu?

Bioetanol merupakan bahan bakar kendaraan yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui. Bioetanol masih terus dikembangkan untuk menggantikan bensin, yang diperkirakan beberapa puluh tahun lagi akan habis.

Bioetanol dibuat melalui proses fermentasi alkohol yang prinsipnya sama dengan yang terjadi dalam pembuatan tape. Artinya, kamu juga dapat membuat bioetanol dari singkong sebagai bahan bakar kendaraan! Teruslah belajar dengan sungguh-sungguh untuk mengembangkan bahan bakar terbarukan ini!

b. Yoghurt

Yoghurt (Gambar 7.5) merupakan makanan yang dihasilkan dari proses fermentasi susu dengan bantuan bakteri. Yoghurt kaya akan protein, kalsium, vitamin A, B, C, E, dan vitamin K. Mengonsumsi yoghurt secara teratur memiliki banyak manfaat untuk kesehatan, di antaranya dapat meremajakan kulit, membantu proses pencernaan, menjaga jantung tetap sehat, mencegah hipertensi, mengurangi risiko osteoporosis, mengatasi jerawat, dan mengurangi kolesterol. Apakah kamu pernah membuat yoghurt? Jika belum pernah, ayo kita lakukan aktivitas berikut!



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 7.5 Makanan Olahan Yoghurt





Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 7.2 Membuat Yoghurt

Apa yang kamu perlukan?

1. 1 liter susu sapi
2. 50 gram gula
3. 50 mL minuman yang mengandung kultur bakteri asam laktat seperti: *chimory*, *yakult*, atau *biokult*.
4. Kompor
5. Panci
6. Pengaduk
7. Termometer
8. Cup atau wadah yang dilengkapi dengan tutup
9. Sarung tangan

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Masukkan 1 liter susu sapi ke dalam panci
2. Tambahkan 50 gram gula pasir lalu aduk hingga merata
3. Didihkan susu tersebut hingga suhu 90°C selama 15 menit. Untuk mengetahui suhu susu, gunakanlah termometer. Untuk menjaga suhu tetap berada dalam kisaran 90°C aturlah besar kecilnya nyala api kompor. Berhati-hatilah dalam melakukan langkah ini. Gunakan sarung tangan dari kain atau mintalah bantuan dari orang tua atau gurumu. Perlu kamu perhatikan, ketika kamu memasukkan termometer, cukup celupkan ujung bawah termometer pada permukaan susu, jangan sampai ujung bawah termometer menyentuh panci! Karena termometer dapat pecah.
4. Setelah dididihkan selama 15 menit, matikan nyala kompor lalu biarkan suhunya turun hingga 45°C . Perhatikan tekstur dan rasa susu sebelum ditambahkan *chimory*, *yakult*, atau *biokult*.
5. Setelah suhu mencapai 45°C , tambahkan 50 mL *chimory*, *yakult*, atau *biokult*, lalu aduk hingga merata dengan menggunakan pengaduk yang bersih.
6. Siapkan cup atau wadah yang memiliki tutup.

7. Tuangkan susu tersebut ke dalam wadah.
8. Simpanlah susu tersebut selama 1×24 jam pada suhu ruangan (21°C - 27°C).
9. Setelah 1×24 jam, yoghurt sudah siap untuk dikonsumsi. Perhatikan tekstur dan rasa yoghurt yang telah kamu buat.

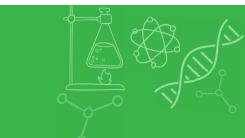
Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Mengapa dalam pembuatan yoghurt susu harus dididihkan terlebih dahulu?
2. Amati kemasan *chimory*, *yakult*, atau *biokult*. Bakteri apakah yang terdapat dalam *chimory*, *yakult*, atau *biokult* tersebut?
3. Apa perbedaan tekstur dan rasa antara susu dan yoghurt?
4. Apakah fungsi bakteri tersebut dalam pembuatan yoghurt?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Setelah melakukan percobaan dan diskusi tentang pembuatan yoghurt, apa saja yang dapat kamu simpulkan?

Proses fermentasi susu menjadi yoghurt melibatkan peranan bakteri asam laktat, misalnya *Lactobacillus casei*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, dan *Bifidobacteria*. Dalam pembuatan yoghurt, susu harus dididihkan terlebih dahulu pada suhu 85 - 90°C agar bakteri-bakteri lain mati dan protein dalam susu terdenaturasi (mengalami kerusakan). Bakteri asam laktat mampu mengubah laktosa yang terkandung dalam susu menjadi asam laktat. Asam laktat inilah yang menyebabkan rasa masam pada yoghurt. Akibat dihasilkannya asam laktat, pH menjadi turun. Turunnya pH juga menyebabkan denaturasi protein dan pelepasan kalsium serta fosfat dari protein kasein susu. Akibatnya, protein kasein menjadi tidak stabil dan mengalami pengendapan. Proses tersebut yang menyebabkan yoghurt memiliki tekstur yang kental.



c. Keju

Keju merupakan makanan yang dihasilkan dari proses koagulasi atau pengentalan protein kasein susu. Selama proses pembuatan, susu biasanya dibuat dalam kondisi asam dan ditambahkan *rennet*. Pengasaman susu, dapat dilakukan dengan menambahkan bakteri asam laktat seperti *Lactococcus* sp., *Lactobacillus bulgaricus*, dan *Streptococcus thermophilus*.



Sumber: cheese-r-us.com

Gambar 7.6 Jenis-jenis Keju

Rennet merupakan kompleks enzim yang dihasilkan di dalam perut hewan ruminansia (hewan memamah biak) yang komponen penyusun utamanya adalah enzim renin atau enzim *chymosin*. Enzim renin merupakan kelompok enzim protease yang mampu memutuskan ikatan peptida dalam protein yang menghubungkan asam amino satu dengan yang lain. Enzim inilah yang berperan penting dalam pemisahan dan pengentalan protein kasein dalam susu, sehingga terbentuk bagian padat yang disebut dengan dadih (*curd*) dan bagian yang cair disebut dengan air dadih (*whey*). Dadih inilah yang akan diproses lebih lanjut melalui proses pematangan dan pengemasan sehingga terbentuk olahan makanan yang dikenal dengan keju.



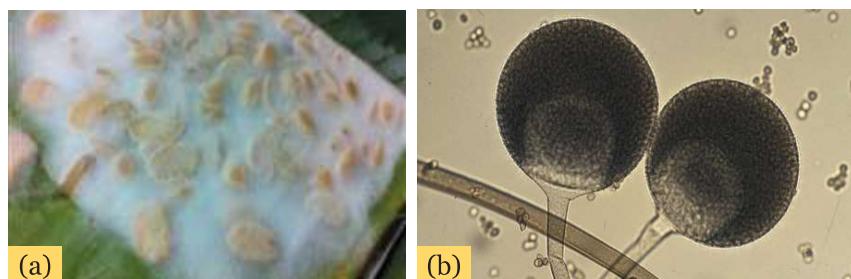
Tahukah Kamu?

Selain menggunakan *rennet*, untuk menggumpalkan protein kasein juga dapat menggunakan enzim protease yang dihasilkan oleh tumbuhan, misalnya pada tumbuhan kaper (*Capparis spinosa L.*), utrika (*Urtica dioica L.*), cinera (*Carduus nutans L.*), dan malva (*Malva sylvestris*) serta enzim protease dari jamur *Rhizomucor miehei*.

d. Tempe

Tempe adalah makanan tradisional khas Indonesia yang sering dikonsumsi dan menjadi salah satu makanan favorit. Tahukah kamu bagaimana cara membuat tempe? Pada dasarnya proses produksi

tempe menggunakan teknik fermentasi. Fermentasi dilakukan dengan menumbuhkan jamur *Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus oligosporus* pada biji kedelai. Pada proses pertumbuhannya, jamur akan menghasilkan benang-benang yang disebut dengan hifa. Benang-benang itu mengakibatkan biji-bijian kedelai saling terikat dan membentuk struktur yang kompak seperti pada Gambar 7.7a.



Sumber : (a) Dok. Kemdikbud; (b) www.pf.chiba-u.ac.jp

Gambar 7.7 (a) Tempe, (b) Struktur Mikroskopis Jamur *Rhizopus oryzae*



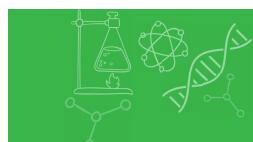
Ayo, Kita Diskusikan

Perhatikan nilai gizi kedelai dan tempe pada Tabel 7.3!

Tabel 7.3 Kandungan Gizi Kedelai dan Tempe

Zat Gizi	Satuan	Komposisi Zat Gizi dalam 100 Gram	
		Kedelai	Tempe
Energi	(kal)	381	201
Protein	(gram)	40,4	20,8
Lemak	(gram)	16,7	8,8
Hidrat arang	(gram)	24,9	13,5
Serat	(gram)	3,2	1,4
Abu	(gram)	5,5	1,6
Kalsium	(mg)	222	155
Fosfor	(mg)	682	326
Besi	(mg)	10	4
Karotin	(mg)	31	34
Vitamin B1	(mg)	0,52	0,19
Air	(gram)	12,7	55,3

Sumber: Komposisi Zat Gizi Pangan, Depkes RI,1991



Coba kamu diskusikan beberapa pertanyaan berikut.

1. Berdasarkan Tabel 7.3, sebagian besar zat gizi pada tempe lebih rendah daripada zat gizi pada kedelai, tetapi mengapa mengonsumsi tempe dianggap lebih baik dari pada mengonsumsi kedelai? Apakah keuntungan dari mengonsumsi tempe?
2. Menurut kamu, mengapa terdapat perbedaan kandungan gizi pada kedelai dan tempe?

Berdiskusilah dengan teman dalam kelompokmu dengan tertib dan bertanyalah pada guru kalian bila kamu mengalami kesulitan selama berdiskusi.

Pada waktu pertumbuhannya, jamur juga akan menghasilkan suatu enzim protease yang dapat menguraikan kompleks protein yang ada pada kedelai menjadi asam amino yang lebih mudah dicerna oleh tubuh kita. Inilah alasan yang menjadikan tempe lebih mudah dicerna oleh tubuh kita daripada kedelai.

e. Kecap

Kecap merupakan salah satu produk hasil bioteknologi yang terbuat dari kacang kedelai (Gambar 7.8). Secara tradisional proses pembuatan kecap melibatkan proses hidrolisis dan fermentasi dengan menggunakan jamur *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus sojae*, dan *Aspergillus wentii*. Di Jepang, proses fermentasi dalam pembuatan kecap juga melibatkan *Saccharomyces cerevisiae* dan spesies *Lactobacillus* untuk menghasilkan aroma khas.

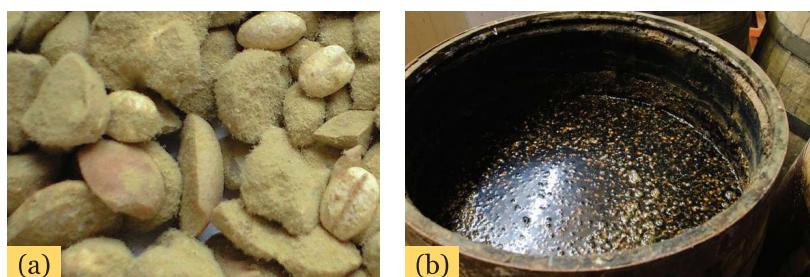
Pada tahap awal pembuatan kecap, kedelai dicuci hingga bersih, kemudian direbus hingga matang. Selanjutnya, kedelai yang telah direbus ditaburi dengan kultur jamur (Gambar 7.9a). Kemudian, dicampur air garam dengan jumlah tertentu. Setelah beberapa waktu, jamur akan berkembang, menghasilkan enzim yang mampu menghidrolisis amilum menjadi gula sederhana dan



Sumber: Dok.
Kemdikbud

Gambar 7.8 Kecap

menghidrolisis protein menjadi asam amino. Gula sederhana dan asam amino akan mengalami reaksi membentuk ikatan amino-glikosida sehingga menghasilkan warna coklat gelap. Dari proses tersebut, akan terbentuk campuran butiran biji kedelai dan cairan kental berwarna coklat gelap (Gambar 7.9b). Selanjutnya, campuran ini disaring untuk memisahkan cairan dengan butiran biji kedelai. Cairan coklat gelap tersebut selanjutnya dipanaskan untuk mematikan jamur maupun bakteri. Cairan inilah yang dinamakan kecap, yang biasanya dikemas dalam botol.



Sumber: en.wikipedia.org

Gambar 7.9 (a) Kacang Kedelai yang Telah Ditumbuhgi Jamur *Aspergillus sojae*,
(b) Fermentasi Kacang Kedelai

f. Roti

Roti merupakan makanan yang terbuat dari bahan dasar utama tepung terigu dan air. Roti sudah dikenal oleh masyarakat seluruh dunia. Selain tepung terigu dan air, masih banyak komposisi yang ditambahkan ke dalam adonan roti. Perbedaan komposisi ini menyebabkan roti sangat beragam, baik jenis, bentuk, ukuran, dan teksturnya.

Ketika kamu memakan roti atau kue donat, pernahkah kamu berpikir bagaimana proses pembuatan roti dan donat? Pembuatan roti dan donat memanfaatkan peristiwa fermentasi yang dibantu oleh *Saccharomyces cerevisiae*. Fermentasi yang dilakukan oleh *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan banyak gas karbon dioksida dan sedikit alkohol. Gas karbon dioksida



Sumber: www.mehrad-co.com

Gambar 7.10 Berbagai Jenis
Roti yang Memanfaatkan
Saccharomyces cerevisiae



akan membuat adonan roti mengembang, sedangkan alkohol akan menghasilkan aroma khas pada adonan roti. Gas karbon dioksida yang terperangkap dalam adonan akan memuai saat adonan dimasukkan ke oven, sehingga membuat roti semakin mengembang, dan meninggalkan rongga dalam roti. Peristiwa ini yang membuat tekstur roti lebih menarik, lebih ringan, dan lebih mudah untuk dikonsumsi.

g. Minuman Beralkohol

Bioteknologi juga banyak dimanfaatkan dalam pembuatan minuman beralkohol, misalnya bir dan *wine*. Bir merupakan minuman beralkohol yang terbuat dari biji serealia, sedangkan *wine* terbuat dari ekstrak buah anggur.

Pembuatan minuman beralkohol juga melibatkan proses fermentasi yang dilakukan oleh *Saccharomyces*. Jenis *Saccharomyces* dan jenis bahan baku yang berbeda mampu menghasilkan aroma dan rasa yang khas pada jenis-jenis minuman beralkohol. Lama proses fermentasi memengaruhi jumlah alkohol yang dihasilkan. Semakin lama proses fermentasi minuman, semakin tinggi kandungan alkoholnya. Perhatikan Gambar 7.11!



Sumber: Jaquelyn, 2012

Gambar 7.11 Proses Fermentasi *Wine*



Ayo, Kita Cari Tahu

Selain tape, yoghurt, keju, tempe, kecap, dan roti, masih banyak produk bioteknologi dalam bidang pangan, misalnya *nata de coco*, asam cuka, mentega, dan minuman tuak. Coba galilah informasi mengenai produk bioteknologi tersebut bersama kelompokmu!

2. Bioteknologi Pertanian

Peningkatan jumlah penduduk berpengaruh terhadap peningkatan kebutuhan pangan. Saat ini, produksi pangan dengan cara tradisional

tidak lagi memadai untuk memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat. Keterbatasan ini menuntut para ilmuwan untuk mencari solusi dalam memproduksi bahan pangan dengan cara yang lebih baik. Penerapan bioteknologi modern dalam pertanian menjadi solusi terbaik saat ini untuk mengatasi masalah tersebut. Penerapan bioteknologi modern dalam pertanian berpotensi meningkatkan produksi tanaman budidaya dan mengurangi pemakaian bahan kimia berbahaya seperti pestisida.

Bioteknologi modern dalam pertanian dilakukan dengan menerapkan teknik rekayasa genetika, yaitu dengan melakukan manipulasi susunan gen suatu organisme sehingga dapat dihasilkan organisme yang memiliki sifat baru. Manipulasi susunan gen dapat dilakukan dengan cara menambah gen suatu organisme yang diambil dari organisme lain atau dengan menghilangkan gen tertentu dalam organisme tersebut. Tanaman yang susunan gennya telah dimanipulasi disebut dengan tanaman transgenik. Saat ini, telah banyak tanaman transgenik yang sudah dikembangkan, misalnya jagung, padi, kedelai, tomat, dan pepaya.



Ayo, Kita Diskusikan

Perhatikan Gambar 7.12! Jagung pada gambar bagian atas merupakan jagung transgenik. Jagung tersebut memiliki sifat tahan hama dibandingkan dengan jagung pada umumnya. Coba kamu diskusikan dengan kelompokmu pertanyaan berikut.

1. Bagaimana prosedur untuk menghasilkan jagung yang memiliki sifat tahan hama?
2. Analisislah mengapa jagung transgenik mampu memiliki sifat tahan hama, tidak seperti pada jagung biasa?
3. Apa manfaat dikembangkannya jagung tahan hama bagi manusia?

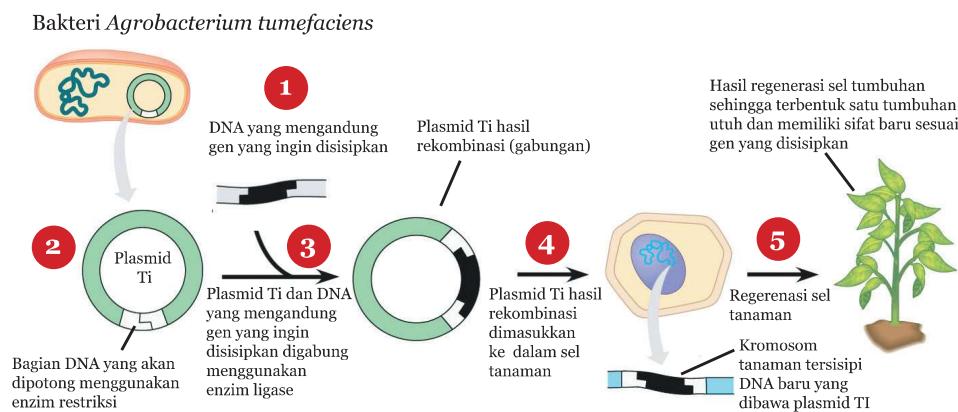


Sumber: www.drtaylorwallace.com

Gambar 7.12 Perbandingan Jagung Tahan Hama (atas) dan Jagung Biasa (bawah)



Melalui rekayasa genetika, suatu tanaman dapat direkayasa agar dapat tahan terhadap serangan hama atau bahkan membunuh hama yang menyerang tanaman tersebut, sehingga dapat meningkatkan hasil produksi. Tanaman juga dapat dirancang untuk tahan terhadap herbisida dan insektisida melalui rekayasa genetika. Bagaimana cara membuat tanaman transgenik? Coba kamu perhatikan Gambar 7.13!



Sumber: Reece, 2012

Gambar 7.13 Teknik Rekayasa Genetika pada Tanaman dengan Bantuan Bakteri *Agrobacterium tumefaciens*

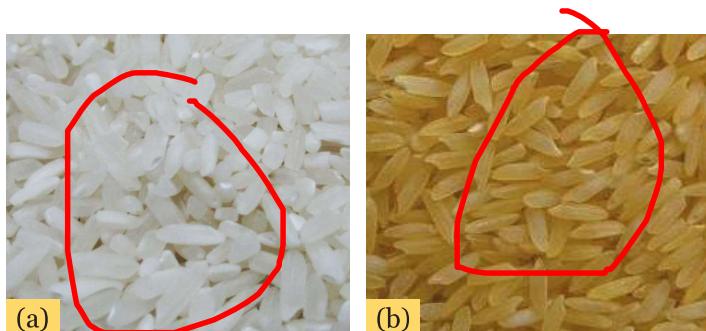
Teknik rekayasa genetika dilakukan melalui beberapa tahapan berikut.

1. Menyiapkan potongan DNA yang mengandung gen tertentu, misalnya gen “tahan serangan hama” dari makhluk hidup lain. Pemotongan DNA dibantu oleh enzim restriksi (enzim pemotong).
2. Menyiapkan vektor (perantara) misalnya menggunakan plasmid Ti yang diambil dari bakteri *Agrobacterium tumefaciens* atau menggunakan virus tertentu. Plasmid adalah suatu DNA dalam bakteri yang berbentuk sirkuler dan mampu melakukan duplikasi secara mandiri. Secara alami plasmid dapat ditransfer ke dalam sel lain dengan membawa gen tertentu.
3. Menggabung (merekombinasi) potongan DNA yang mengandung gen tertentu dengan plasmid Ti menggunakan enzim ligase, sehingga dihasilkan plasmid Ti yang telah mengandung gen “tahan serangan hama”.
4. Memasukkan plasmid Ti yang telah mengandung gen “tahan serangan hama” pada sel-sel tanaman.



5. Tanaman akan mendapatkan DNA yang mengandung gen “tahan serangan hama” dan tumbuh menjadi tanaman yang memiliki sifat tahan terhadap serangan hama.

Melalui rekayasa genetika, dapat dikembangkan pula kacang tanah dan kacang kedelai yang tidak menimbulkan reaksi alergi bagi yang mengonsumsi. Tanaman transgenik lain yang telah dikembangkan adalah beras yang mengandung zat besi dan vitamin A. Beras yang mengandung vitamin A dikenal dengan nama *Golden rice*. Perhatikan Gambar 7.14b!



Sumber: (a) Dok. Kemdikbud, (b) www.goldenrice.org

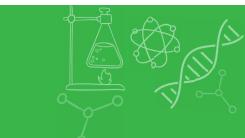
Gambar 7.14 (a) Beras Normal berwarna Putih, (b) *Golden Rice* berwarna Kuning

Golden rice dikembangkan dengan cara mengambil gen pengkode pembentukan provitamin A atau beta karoten pada tanaman wortel atau pada tanaman lain, kemudian menyisipkannya ke dalam gen tanaman padi. Ketika kita mengonsumsi *golden rice*, provitamin A yang terkandung dalam beras tersebut akan diubah oleh tubuh menjadi vitamin A. *Golden rice* memiliki potensi yang sangat besar untuk mengatasi masalah kekurangan konsumsi vitamin A.



Tahukah Kamu?

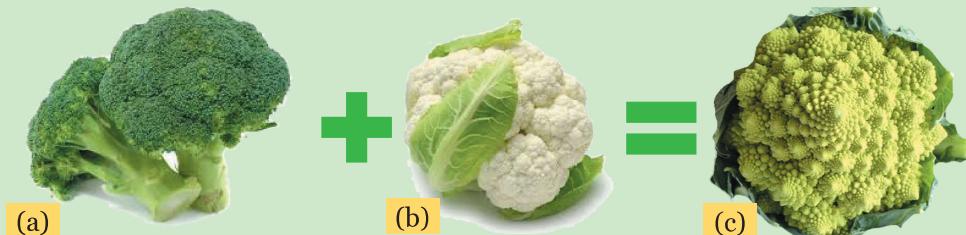
Ketika sebuah tanaman terluka, suatu kumpulan sel yang disebut **kalus** tumbuh lebih cepat pada tempat yang terluka. Sel kalus memiliki kemampuan untuk berdiferensiasi menjadi batang, tunas, akar, dan keseluruhan organ tanaman. Kemampuan itu membuat sel tersebut menjadi objek yang ideal dalam rekayasa genetika. Perhatikan Gambar 7.15!



Sel kalus diselimuti oleh selulosa yang tebal pada dinding selnya, sehingga dapat menjadi pembatas atau penghambat DNA baru yang akan masuk ke dalamnya. Dinding sel tersebut dapat dihancurkan dengan bantuan enzim selulase, sehingga dihasilkan satu sel tanpa dinding yang disebut **protoplas**. Protoplas dapat digabungkan dengan protoplas dari tanaman lain, sehingga dihasilkan suatu sel yang memiliki sifat gabungan kedua jenis tanaman. Metode ini, disebut dengan fusi protoplas. Metode ini telah digunakan pada *broccoflower*, yang merupakan suatu tanaman hasil fusi brokoli (*broccoli*) dengan bunga kol (*cauliflower*). Perhatikan Gambar 7.16!



Sumber: Dok. Kemdikbud
Gambar 7.15 Proses Fusi Protoplas



Sumber : Dok. Kemdikbud
Gambar 7.16 (a) Tanaman Brokoli, (b) Tanaman Kol, (c) Tanaman *Broccoflower*

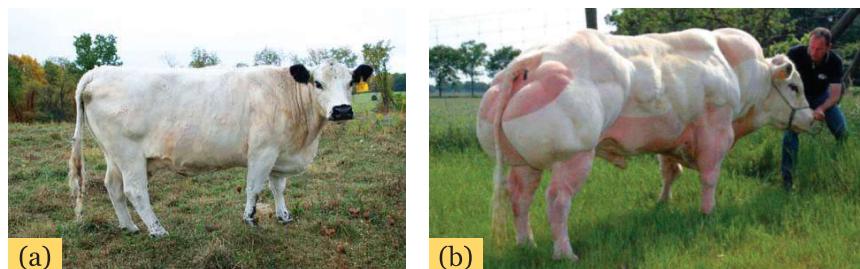
3. Bioteknologi Peternakan

Selain di bidang pertanian, bioteknologi juga banyak diterapkan dalam bidang peternakan, yaitu dengan dikembangkannya hewan transgenik melalui teknik rekayasa genetika. Pada awalnya, hewan transgenik merupakan bahan penelitian para ilmuwan untuk menemukan jenis penyakit yang menyerang hewan tertentu dan cara penanggulangannya. Namun, saat ini ilmuwan telah menggunakan teknik rekayasa genetika untuk berbagai keperluan dalam bidang peternakan, misalnya meningkatkan produksi susu.

Peningkatan produksi susu dilakukan dengan cara memproduksi hormon *bovine somatotropin* (bST) yang kemudian disuntikkan pada sapi perah atau dengan cara membuat sapi perah transgenik yang mampu memproduksi hormon bST lebih banyak. Dengan cara

seperti ini, produksi susu dapat meningkat sekitar 8.3- 21.8%. Selain meningkatkan produksi, susu yang dihasilkan juga dapat direkayasa, sehingga lebih kaya protein, dan rendah lemak.

Selain untuk meningkatkan produksi susu, rekayasa genetika juga dapat dilakukan pada hewan ternak agar tahan terhadap penyakit. Misalnya pengembangan sapi transgenik yang tahan terhadap penyakit mastitis, yaitu penyakit pembengkakan pada kelenjar susu yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Staphylococcus aureus*. Pengembangan sapi transgenik dilakukan dengan cara memasukkan gen pengkode enzim *lysostaphin* yang diambil dari bakteri *Staphylococcus simulans*. Melalui rekayasa genetika dapat dikembangkan pula sapi yang mampu menghasilkan daging yang berkualitas dan mampu tumbuh dengan cepat. Perhatikan Gambar 7.17!



Sumber : (a) www.britishwhitecattle.us.com, (b) smashingfree.com

Gambar 7.17 (a) Sapi Biasa, (b) Sapi Transgenik



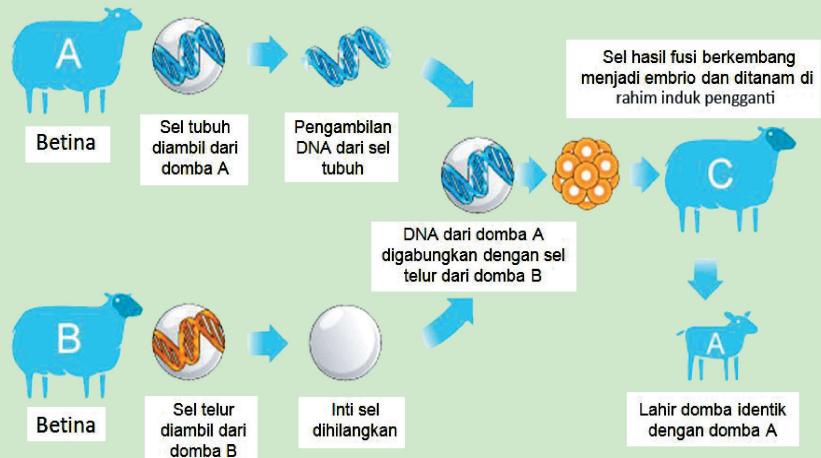
Ayo, Kita Pahami

Salah satu teknik yang banyak digunakan pada bioteknologi dalam bidang peternakan yaitu teknik kloning. Kloning merupakan proses pembentukan suatu individu yang identik secara genetik, melalui proses pemisahan embrio atau penggantian inti sel. Kloning bertujuan untuk menghasilkan individu baru yang seragam. Kloning juga dimanfaatkan manusia untuk memperoleh jenis-jenis hewan unggul.

Tahukah kamu cara mengkloning domba A? Pada tahap pertama diambil beberapa sel tubuh dari domba A. Kemudian diambil sel telur dari domba B. Sel tubuh domba A diambil inti selnya saja dan sel telur domba B dikeluarkan inti selnya sehingga tersisa badan sel



telurnya. Inti sel domba A disuntikkan ke dalam sel telur domba B. Selanjutnya, sel tersebut akan berkembang menjadi embrio dan diimplantasikan atau ditanam di rahim domba lain (domba C). Pada akhirnya, akan lahir domba yang mirip dan identik dengan domba A, karena domba A sebagai pendonor inti sel. Perhatikan Gambar 7.18!



Sumber : www.bbc.co.uk

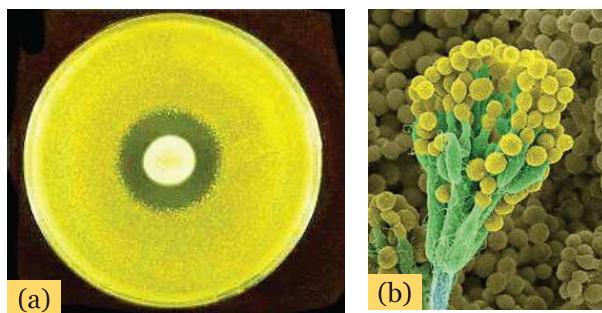
Gambar 7.18 Proses Kloning Domba

4. Bioteknologi Kesehatan

Bioteknologi banyak diaplikasikan dalam bidang kesehatan atau bidang medis, misalnya pembuatan antibiotik, insulin sintetis, dan vaksin.

a. Antibiotik

Perkembangan bioteknologi dalam bidang kesehatan dimulai dengan penemuan antibiotik penisilin oleh Alexander Fleming tahun 1928. Antibiotik merupakan senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme lain, khususnya bakteri. Antibiotik penisilin dihasilkan oleh jamur *Penicillium notatum* dan *Penicillium chrysogenum* (Gambar 7.19).



Sumber:(a) archive.bio.ed.ac.uk, (b) Dennis Kunkel Microscopy, 2008

Gambar 7.19 (a) *Penicillium notatum*, (b) Koloni *Penicillium notatum* yang Menghambat Pertumbuhan Koloni Bakteri

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, saat ini ilmuwan telah berhasil menemukan berbagai jenis antibiotik yang diperoleh dari berbagai jenis mikroorganisme. Perhatikan Tabel 7.4!

Tabel 7.4 Mikroorganisme yang Dipilih Sebagai Sumber Antibiotik

Nama Mikroorganisme	Antibiotik yang Dihasilkan
<i>Penicillium notatum</i> dan <i>Penicillium chrysogenum</i>	Penisilin
<i>Streptomyces griseus</i>	<i>Streptomycin</i>
<i>Streptomyces fradiae</i>	<i>Neomycin</i>
<i>Streptomyces aureofaciens</i>	<i>Tetracycline</i>
<i>Bacillus licheniformis</i>	<i>Bacitracin</i>

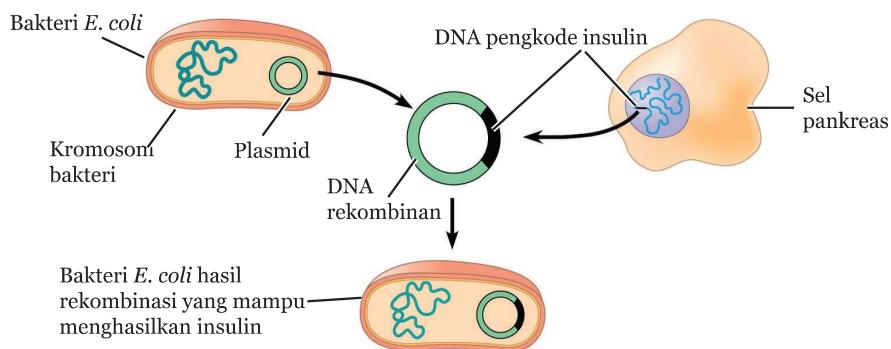
b. Insulin Sintetis (Humulin)

Pernahkah kamu mendengar penyakit kencing manis atau diabetes mellitus ? Ada dua tipe penyakit diabetes mellitus, tipe I dan tipe II. Penyakit diabetes mellitus tipe II disebabkan kerusakan reseptor hormon insulin dalam hati, sedangkan penyakit diabetes mellitus tipe I disebabkan seseorang tidak dapat menghasilkan hormon insulin, yang disebabkan rusaknya sel-sel pankreas. Orang yang menderita penyakit diabetes memiliki kadar gula dalam darah yang tinggi.

Gejala awal penderita diabetes, yaitu sering buang air kecil, mudah haus, dan mudah lapar. Jika tidak segera ditangani, akan mengakibatkan komplikasi, seperti penyakit jantung, *stroke*, gagal ginjal, dan kerusakan pada mata. Untuk mengatasi penyakit diabetes



mellitus tipe I, penderita perlu mendapatkan tambahan hormon insulin sintetis. Melalui bioteknologi, ilmuwan telah dapat memproduksi hormon insulin sintetis seperti hormon insulin yang dihasilkan oleh pankreas manusia. Tahukah kamu bagaimana hormon insulin sintetis dihasilkan? Perhatikan Gambar 7.20!



Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 7.20 Rekombinasi Gen Pengkode Insulin pada Bakteri *E. coli*

Untuk menghasilkan hormon insulin, DNA yang mengkode hormon insulin dalam sel pankreas diambil. Selanjutnya DNA tersebut direkombinasikan ke dalam vektor (perantara), misalnya plasmid. Menggabung (merekombinasi) potongan DNA yang mengkode gen tertentu dengan vektor. Plasmid yang telah mengandung DNA pengkode hormon insulin dimasukkan ke dalam sel bakteri *E. coli*, sehingga bakteri *E. coli* mengandung DNA pengkode hormon insulin. Dengan memiliki DNA tersebut, bakteri mampu menghasilkan hormon insulin. Selanjutnya, hormon insulin yang dihasilkan dimurnikan dan dikemas untuk diberikan pada pasien.

c. Vaksin

Pernahkah kamu mendapatkan imunisasi? Imunisasi atau disebut juga vaksinasi (Gambar 7.21) merupakan langkah yang sangat efektif untuk melindungi tubuh kita dari patogen-patogen yang menyebabkan penyakit, misalnya hepatitis, polio, tetanus, campak, dan lain sebagainya. Vaksinasi adalah suatu proses peningkatan sistem

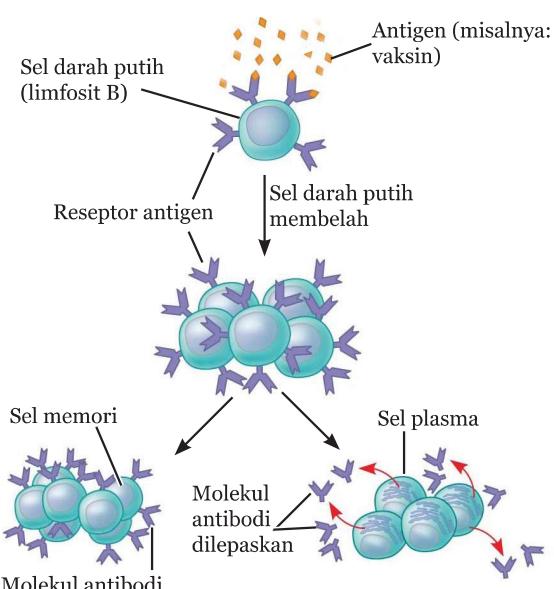


Sumber : Dok. Kemdikbud

Gambar 7.21 Vaksinasi Lewat Mulut

kekebalan tubuh dengan cara memasukkan vaksin ke dalam tubuh seseorang, sehingga memiliki kekebalan terhadap penyakit tertentu yang disebabkan oleh virus atau bakteri.

Vaksin dapat berupa bakteri dan virus yang telah dilemahkan atau merupakan bagian kecil dari tubuh bakteri atau virus. Bakteri dan virus memiliki protein khusus pada permukaan tubuh luarnya. Jika protein ini dimasukkan ke dalam tubuh manusia, maka sel darah putih (limfosit B) akan mengenali protein tersebut dan membelah menjadi sel plasma dan sel memori. Sel plasma akan menghasilkan antibodi dan melepaskannya ke dalam cairan tubuh. Sel memori akan tetap mengikat antibodi untuk digunakan ketika ada bakteri atau virus yang sebenarnya masuk ke dalam tubuh, sehingga tubuh dapat dengan segera menangkal bakteri atau virus tersebut. Perhatikan Gambar 7.22!



Sumber : Campbell *et al.* 2012

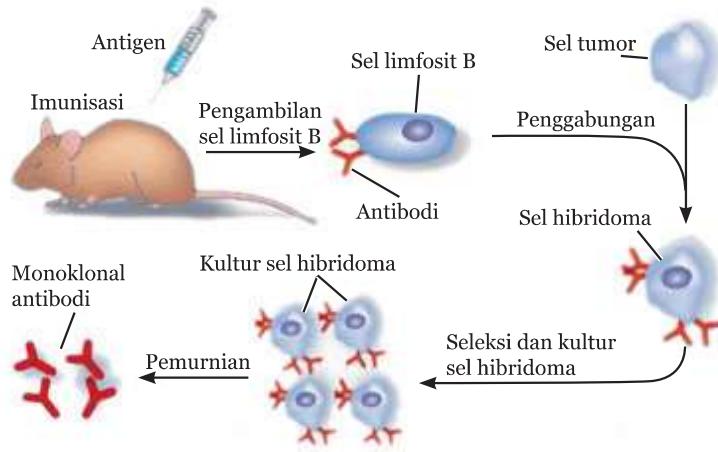
Gambar 7.22 Mekanisme Pembentukan Antibodi Akibat Pemberian Vaksin

Saat ini ilmuwan telah menghasilkan vaksin yang lebih aman menggunakan teknik-teknik dalam bioteknologi. Ilmuwan telah berhasil mengisolasi gen yang mengkode protein yang terdapat dalam permukaan bakteri dan virus tertentu. Gen tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam sel *Saccharomyces*. Sel *Saccharomyces* yang berkembangbiak akan menghasilkan protein yang sama dengan protein yang terdapat pada permukaan luar bakteri atau virus, namun

tidak berbahaya bagi tubuh. Jika protein tersebut disuntikkan ke dalam tubuh, maka tubuh akan memproduksi antibodi yang akan menangkal serangan bakteri atau virus yang sesungguhnya.

d. Antibodi Monoklonal

Pernahkah kamu mendengar antibodi monoklonal? Pada bagian sebelumnya kamu telah mempelajari tentang vaksin bukan? Vaksin merupakan suatu antigen (benda asing). Ketika vaksin masuk dalam tubuh, akan memicu sel limfosit B untuk menghasilkan antibodi tertentu untuk menghancurkan antigen. Antibodi monoklonal adalah antibodi yang spesifik untuk satu jenis antigen, yang dihasilkan dari satu jenis sel limfosit B yang merupakan hasil kloning dari sel induk. Antibodi monoklonal umumnya dihasilkan dari kultur sel yang melibatkan penggabungan (fusi) sel myeloma (sel tumor) dan sel limfosit B dari tikus atau dari kelinci. Perhatikan Gambar 7.23!



Sumber : Dok. Kemdikbud

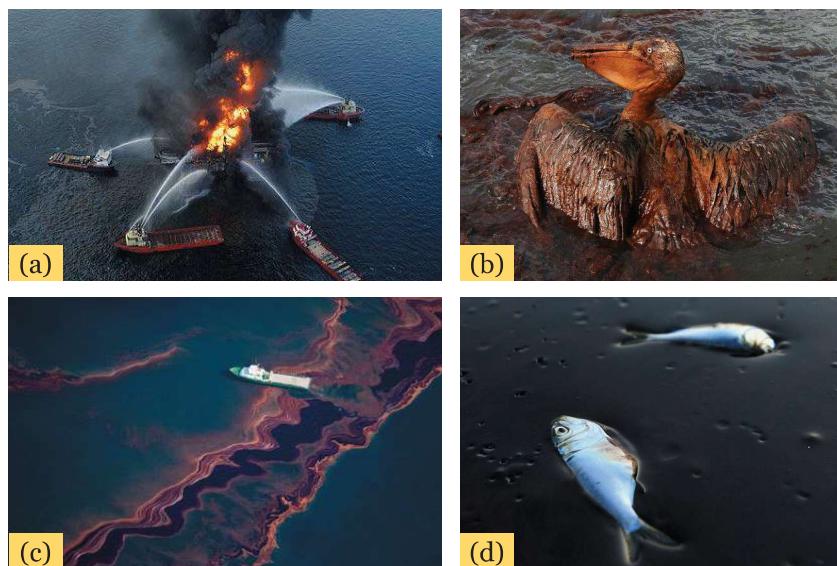
Gambar 7.23 Prosedur Pembentukan Antibodi Monoklonal

Untuk menghasilkan antibodi monoklonal, tikus atau kelinci diimunisasi terlebih dahulu dengan antigen tertentu. Akibatnya, sel limfosit B kelinci akan mengenali antigen tersebut dan akan membentuk antibodi. Sel limfosit selanjutnya difusikan dengan sel tumor membentuk sel hibridoma. Penggabungan sel tumor ini dimaksudkan agar sel limfosit dapat terus membelah menghasilkan antibodi. Sel hibridoma kemudian diseleksi untuk selanjutnya dikultur sehingga dapat lebih banyak dihasilkan antibodi. Antibodi yang dihasilkan selanjutnya dimurnikan kemudian dikemas untuk digunakan terapi,

misalnya untuk terapi artritis, penolakan saat transplantasi organ, kanker sel darah putih, kanker payudara, dan jenis kanker yang lainnya.

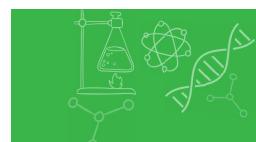
5. Bioteknologi Lingkungan

Pernahkah kamu mendengar informasi tentang pencemaran air laut oleh tumpahan minyak? Tahukah kamu apa yang menjadi penyebab terjadinya pencemaran tersebut? Perhatikan Gambar 7.24! Sampai saat ini sudah beberapa kali terjadi kasus pencemaran air laut oleh tumpahan minyak di perairan Indonesia, contohnya di Kepulauan Seribu, pantai Balikpapan, dan pantai Laut Timor. Pencemaran minyak di lautan dapat berasal dari ladang minyak bawah tanah, operasi kapal tanker, perbaikan atau perawatan kapal, tangki bahan bakar kapal, kecelakaan kapal tanker, dan limbah industri. Pencemaran air laut oleh minyak dapat menyebabkan ikan, kepiting, udang, dan terumbu karang menjadi mati.



Sumber: (a) media.treehugger.com, (b) images.nationalgeographic.com, (c) static.guim.co.uk, (d) northdallasgazette.com

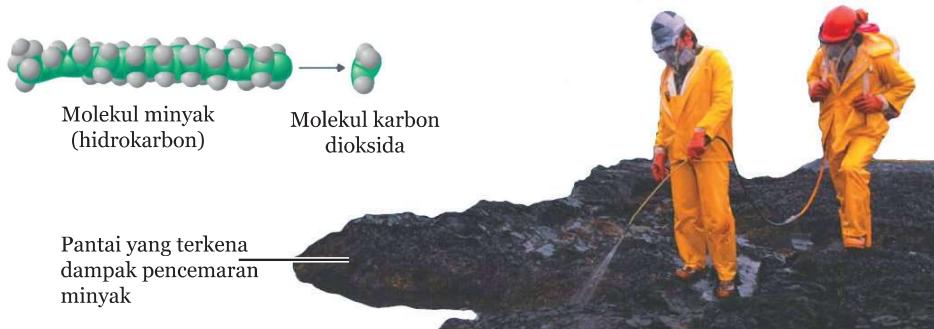
Gambar 7.24 (a) Kapal Pengangkut Minyak yang Terbakar, (b) Burung yang Terkena Tumpahan Minyak di Lautan, (c) Kondisi Air Laut yang Tercemar oleh Minyak, (d) Ikan dapat Mati Akibat Pencemaran Minyak Bumi



Sebagaimana yang telah kamu ketahui bahwa massa jenis (ρ) air laut dan minyak berbeda. Inilah yang mengakibatkan minyak tidak dapat bercampur dengan air dan membentuk lapisan tersendiri pada bagian permukaan air. Lapisan minyak tersebut akan menempel pada permukaan rumput laut serta tumbuhan laut lainnya, sehingga mengganggu proses respirasi dan fotosintesis.

Dampak lain dari pencemaran tersebut adalah rusaknya ekosistem bakau. Lapisan minyak yang terbentuk di permukaan laut akan dapat menutupi akar bakau yang mengakibatkan pertukaran antara O_2 dan CO_2 pada akar bakau berkurang. Dalam jangka waktu yang lama, kondisi ini akan dapat mengakibatkan akar bakau busuk dan kemudian menyebabkan kematian pada tumbuhan bakau.

Bagaimana upaya untuk menanggulangi pencemaran tersebut? Sebagai upaya menanggulangi masalah tersebut, ilmuwan memanfaatkan bakteri dari genus *Pseudomonas* untuk membersihkan tumpahan minyak. Bakteri *Pseudomonas* mampu memanfaatkan minyak sebagai sumber energinya dengan cara memecah molekul minyak menjadi karbon dioksida (CO_2). Namun, yang dilakukan bakteri tersebut membutuhkan waktu yang sangat lama. Untuk mempercepat proses tersebut, ilmuwan menambahkan formula yang mengandung senyawa kalium fosfat dan urea sebagai nutrisi tambahan bagi bakteri. Perhatikan Gambar 7.25!.

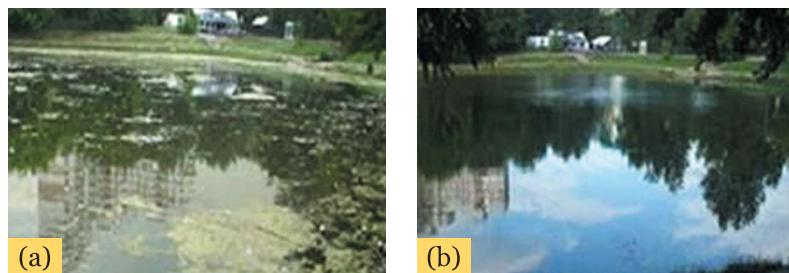


Sumber: Tortora *et al.* 2010

Gambar 7.25 Penyemprotan Lingkungan yang Tercemari Minyak dengan Nutrisi bagi Bakteri

Pemanfaatan bakteri untuk mendegradasi atau menguraikan polutan yang mencemari lingkungan disebut **bioremediasi**. Selain untuk mengatasi pencemaran di laut, bioremediasi juga banyak digunakan untuk mengatasi pencemaran di perairan, seperti di

kolam atau danau. Perhatikan Gambar 7.26! Selain menggunakan bakteri, penanggulangan pencemaran lingkungan dapat menggunakan tanaman tertentu, misalnya eceng gondok dan bunga matahari. Teknik tersebut disebut **fitoremediasi**.



Sumber: wordpress.com

Gambar 7.26 Foto Pembersihan Polutan yang Dibantu oleh Bakteri Melalui Proses Bioremediasi (a) Foto sebelum Bioremediasi, (b) Foto setelah Bioremediasi



Ayo, Kita Selesaikan

Biogas merupakan salah satu produk bioteknologi di bidang lingkungan. Biogas banyak dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Kemukakan alasan biogas dimasukkan ke dalam produk bioteknologi!

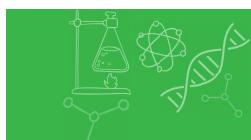
6. Bioteknologi Forensik

Forensik merupakan aplikasi teknik-teknik dan metode ilmiah yang digunakan untuk menginvestigasi suatu kejahatan atau tindak kriminal. Pada awalnya, untuk mencari atau menginvestigasi pelaku suatu tindak kejahatan hanya menggunakan tes sidik jari saja. Namun, seiring dengan perkembangan bioteknologi, telah ditemukan teknik investigasi yang lebih akurat yaitu melalui teknik *DNA fingerprinting* atau sidik DNA.



Sumber : wikispace.com

Gambar 7.27 Profil Pita DNA



DNA fingerprinting adalah teknik yang dilakukan untuk mengidentifikasi seseorang berdasarkan pada profil pita DNA (Gambar 7.27). Ada dua aspek yang digunakan dalam *DNA fingerprinting*, yaitu adanya keseragaman dan variasi profil DNA pada satu individu. Prosedur *DNA fingerprinting* memiliki kesamaan dengan teknik investigasi menggunakan tes sidik jari. Dalam tes sidik jari dilakukan pencocokan profil sidik jari seseorang. Sementara itu, pada *DNA fingerprinting* dilakukan pencocokan profil DNA individu. DNA dapat digunakan sebagai acuan dalam investigasi karena profil DNA unik pada setiap individu dan memiliki keterkaitan dengan profil DNA dalam suatu keluarga.



Tahukah Kamu?

Bioteknologi juga diaplikasikan dalam industri pertambangan. Misalnya untuk memisahkan biji besi dari campuran bahan-bahan lain dapat digunakan bakteri jenis *Thiobaccillus ferrooxidans*.



Sumber: denniskunkel.com
Gambar 7.28 Bakteri *Thiobaccillus ferrooxidans*

