



UNESA
Universitas Negeri Surabaya

BAHAN AJAR



BIOTEKNOLOGI KELAS IX

LALU MUHAMMAD RISPAN SUGI SAPUTRA, S.Pd
PPG DALJAB IPA UNESA ANGKATAN 2 TAHUN 2021

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Allah Azza wa Jalla atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga Bahan Ajar “Bioteknologi” dapat terselesaikan. Penyusun mengembangkan Bahan Ajar IPA “Bioteknologi” sesuai dengan KD 3.7 dan 4.7 untuk peserta didik kelas IX. Bahan Ajar ini membantu peserta didik menemukan sendiri konsep IPA yang didapatkan dan Bahan Ajar ini memberikan referensi kepada peserta didik untuk mendapatkan materi.

Bahan Ajar ini disajikan agar peserta didik lebih memahami dan aktif dalam proses pembelajaran. Bahan Ajar ini dirancang agar peserta didik dapat mengembangkan pengetahuannya tentang konsep-konsep yang ada pada materi Bioteknologi. Materi yang disajikan relevan dengan kegiatan yang dilakukan oleh peserta didik sehingga dapat menjadi referensi bagi peserta didik.

Penyusun mengucapkan terimakasih bagi semua pihak yang telah berpartisipasi baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan handout ini. Semoga Bahan Ajar ini dapat digunakan dan bermanfaat bagi peserta didik, pendidik, dan semua elemen kependidikan maupun non pendidikan.

Bagik Nyaka, Juni 2021

Penyusun

DAFTAR ISI

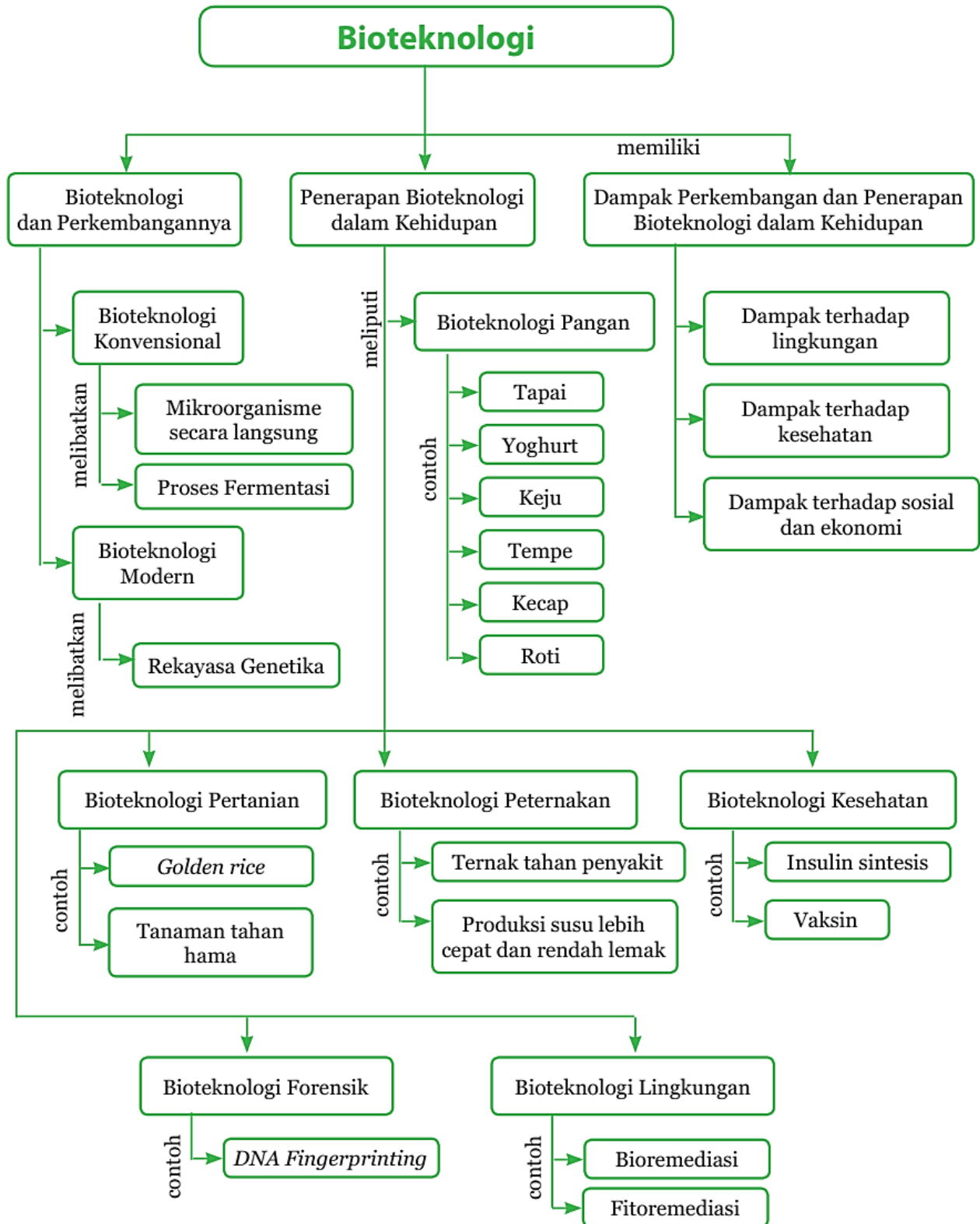
Halaman Judul	1
Kata Pengantar	2
Daftar Isi	3
Kompetensi Dasar dan Indikator	4
Peta Konsep	5
A Pendahuluan	6
B Bioteknologi dan Manfaatnya dalam dalam Produksi Pangan	7
1. Pengertian Bioteknologi	7
2. Bioteknologi Pangan Konvensional	9
C Bioteknologi Modern	
1. Bidang Pertanian	14
2. Bidang Peternakan	15
3. Bidang Kesehatan	16
4. Bidang Lingkungan	20
5. Bidang Forensik	22
D Dampak Penerapan dan Pengembangan Bioteknologi	
1. Dampak Terhadap Lingkungan	24
2. Dampak Terhadap Kesehatan	25
3. Dampak Terhadap Sosial dan Ekonomi	25
E Penutup	
1. Rangkuman	26
2. Refleksi	27
3. Evaluasi	28
Daftar Pustaka	29

KOMPETENSI DASAR

INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI

<p>3.7 Memahami konsep bioteknologi dan perannya dalam kehidupan manusia.</p>	<p>3.7.1 Menjelaskan prinsip dasar bioteknologi.</p> <p>3.7.2 Menjelaskan perbedaan prinsip dasar pengembangan bioteknologi konvensional dan modern.</p> <p>3.7.3 Mengidentifikasi peranan agen bioteknologi dalam pembuatan tape singkong</p> <p>3.7.4 Menggunakan konsep bioteknologi dalam mengidentifikasi penerapan bioteknologi konvensional di bidang pangan.</p> <p>3.7.5 Mengidentifikasi sumber-sumber agen bioteknologi dan produk yang dihasilkan.</p> <p>3.7.6 Menjelaskan prinsip rekayasa genetika dan hasil produknya.</p> <p>3.7.7 Menggunakan konsep bioteknologi dalam mengidentifikasi penerapan bioteknologi modern dalam kehidupan sehari-hari</p> <p>3.7.8 Mendeskripsikan keuntungan dan kerugian dari penerapan bioteknologi dalam berbagai bidang.</p>
<p>4.7 Membuat salah satu produk bioteknologi konvensional yang ada di lingkungan sekitar.</p>	<p>4.7.1 Menerapkan prinsip bioteknologi dalam pembuatan salah satu produk bioteknologi konvensional.</p> <p>4.7.2 Membuat poster penerapan bioteknologi konvensional di bidang pangan beserta manfaatnya</p> <p>4.7.3 Membuat poster penerapan bioteknologi modern</p>

PETA KONSEP



A Pendahuluan

Bahan Ajar ini dirancang untuk Ananda gunakan dalam belajar mandiri. Bahan Ajar ini akan membantu dan memberikan pengalaman belajar yang bermakna bagi Ananda untuk mencapai kompetensi yang dituju secara mandiri.

Unsur-unsur pokok Bahan Ajar ini terdiri atas (a) tujuan pembelajaran, (b) aktivitas pembelajaran, dan (c) evaluasi. Tujuan pembelajaran menjadi sasaran penguasaan kompetensi yang dituju dalam belajar. Aktivitas pembelajaran berupa aktivitas-aktivitas yang Ananda akan lakukan agar memperoleh pengalaman-pengalaman belajar yang bermakna dalam mencapai tujuan pembelajaran. Evaluasi ialah proses penentuan kesesuaian antara proses dan hasil belajar dengan tujuan pembelajaran. Dalam hal ini, evaluasi bertujuan untuk memberikan latihan sekaligus mengukur tingkat ketercapaian kompetensi yang Ananda peroleh sesuai dengan tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan pada bagian awal Bahan Ajar.

Belajar mandiri ialah proses belajar aktif yang Ananda akan lakukan dengan menggunakan Bahan Ajar ini. Dalam belajar aktif tersebut dibutuhkan dorongan niat atau motif Ananda untuk menguasai kompetensi yang telah ditetapkan pada bagian awal Bahan Ajar. Sasaran utama dalam belajar mandiri tersebut ialah Ananda dapat memperoleh kompetensi yang telah ditetapkan serta memperoleh kemandirian dalam belajar.

Strategi pembelajaran dalam Bahan Ajar ini memfasilitasi pengalaman belajar bermakna. Selain memperoleh kompetensi utama, yaitu kompetensi yang ditetapkan pada tujuan pembelajaran, Ananda juga akan memperoleh pengalaman belajar terkait dengan pengembangan karakter, literasi, berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi efektif.

Tetap semangat dan selamat belajar!

B. Bioteknologi dan Manfaatnya dalam Produksi Pangan

Maha besar Allah Azza wa Jalla yang telah menciptakan makhluk hidup di dunia. Setiap makhluk hidup memiliki peran dan manfaat untuk kehidupan manusia. Banyak teknologi yang dikembangkan oleh manusia untuk menciptakan produk bahan pangan baru dengan memanfaatkan makhluk hidup, misalnya bakteri atau jamur.



Apakah kamu mengetahui tempe? Pernahkah kamu makan tempe? Tempe merupakan salah satu bahan makanan yang dibuat dari fermentasi kedelai dengan bantuan jamur yang ada pada ragi. Tahukah kamu, ternyata tempe lebih mudah dicerna oleh tubuh dibandingkan kedelai dan memiliki kandungan antioksidan yang mampu menangkal radikal bebas penyebab kanker.

Jika kamu perhatikan struktur tempe, kamu akan menemukan benang-benang putih pada tempe. Benang-benang itu disebut dengan hifa. Hifa merupakan tubuh jamur yang membentuk jejaring-jejaring.

Keberadaan hifa menyebabkan butiran biji kedelai dapat dipadukan menjadi struktur yang lebih kompak dan padat yang kita kenal sebagai tempe. Tempe dapat dikelompokkan menjadi salah satu produk pangan hasil bioteknologi karena dalam proses pembuatan tempe melibatkan suatu mikroorganisme. Selain tempe, apa saja makanan sehari-hari yang merupakan produk dari bioteknologi? Apakah produk dari bioteknologi hanya berupa makanan saja?

Detektif Science :



Petani Lombok banyak yang menanam singkong setelah diberlakukan pembatasan penanaman tembakau yang merupakan komoditi terbesar

petani Lombok saat musim kemarau, sementara nilai jual singkong relatif kecil. Dapatkah kita membantu petani memecahkan masalahnya untuk meningkatkan nilai jual singkong?

Untuk mengetahui jawaban dari pertanyaan tersebut, ayo kita pelajari bab ini dengan penuh antusias!

1. Pengertian Bioteknologi

Pernahkah kamu mendengar istilah bioteknologi? Tape merupakan produk makanan yang pada proses pembuatannya memanfaatkan bioteknologi. Tape adalah bahan makanan hasil fermentasi dari singkong atau ketan. Tentunya kamu tertarik untuk mengetahui lanjut tentang bioteknologi dan contoh-contohnya termasuk tape bukan? Untuk itu ayo kita lakukan aktivitas 1.1.



Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 1.1 Membuat Tape

Tujuan: Membuat tape dari beberapa bahan yang berbeda

Apa yang kamu perlukan?

1. 1 kg bahan yang mengandung karbohidrat (singkong, sukun, ketan, atau bahan lain yang ada di daerahmu),
2. ragi tape yang biasa digunakan di daerahmu, dan
3. daun pembungkus yang biasa digunakan di daerahmu.

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Lakukan bersama kelompokmu di rumah sebelum pembelajaran mengenai bioteknologi dimulai.
2. Bersihkan bahan-bahan yang mengandung karbohidrat yang kamu pilih.
3. Masaklah bahan-bahan yang dipilih dengan cara mengukus bahan sampai matang
4. Biarkan bahan-bahan tersebut sampai dingin.
5. Taburi bahan-bahan yang dipilih dengan ragi tape dengan merata
6. Bungkus rapat dengan pembungkus daun yang kamu pilih
7. Biarkan selama 3 hari, setelah 3 hari bawa tape ke sekolah untuk dilakukan pengamatan bersama dengan kelompokmu.
8. Catatlah hasil pengamatan ini pada Tabel 8.1.
9. Tanyakanlah kepada kelompok yang lain hasil pengamatan terhadap tape yang mereka buat.
10. Tuliskan hasil pengamatan tersebut pada Tabel 8.1.

Tabel 1.1 Data Pengamatan Pembuatan Tape

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

Setelah melakukan aktivitas 8.1 coba diskusikanlah pertanyaan berikut.

1. Mengapa dalam pembuatan tape harus ditaburi dengan ragi? Apa yang terdapat pada ragi tape?
2. Mengapa ragi harus ditaburkan pada saat bahan dalam keadaan dingin ?
3. Mengapa pembuatan tape disebut memanfaatkan produk bioteknologi?

Kata bioteknologi berasal dari kata *bio* dan *teknologi*. Bioteknologi merupakan pemanfaatan makhluk hidup untuk membantu pekerjaan atau menghasilkan suatu produk yang bermanfaat bagi manusia. Bioteknologi bukan merupakan hal baru dalam kehidupan manusia. Perkembangan bioteknologi dimulai sejak tahun 1857, setelah Louis Pasteur menemukan hasil fermentasi yang dilakukan oleh mikroorganisme. Pada tahun 1920, proses fermentasi dengan melibatkan mikroorganisme mulai digunakan untuk membuat larutan kimia yang lebih kompleks, seperti pembuatan alkohol. Masih ingatkah kamu, apa yang dimaksud dengan mikroorganisme? Mikroorganisme merupakan makhluk hidup yang berukuran sangat kecil.

Pada saat ini kamu dapat memanfaatkan bioteknologi dalam pembuatan makanan untuk kehidupan sehari-hari, misalnya pada pembuatan tape. Perkembangan ioteknologi pangan selanjutnya masuk ke masa bioteknologi modern dan mulai menerapkan prinsip genetika, biokimia, dan biomolekuler.

Bioteknologi modern tidak terlepas dari penemuan enzim-enzim yang membantu dalam proses genetic engineering atau rekayasa genetika yang memungkinkan para ilmuwan dapat merancang susunan materi genetik setiap organisme sedemikian rupa sehingga menghasilkan hewan dan tumbuhan yang memiliki kualitas tinggi, misalnya dapat dihasilkan ikan hasil rekayasa genetik yang memiliki ukuran lebih besar dari ukuran ikan normal. Lihatlah contohnya pada Gambar 1.1



Sumber : www.bioteknologi-europe.com

Gambar 1.1 Ikan Hasil Budiaya dengan Memanfaatkan Rekayasa Genetika (Atas) dan Ikan Hasil Budidaya Biasa (Bawah)

2. Bioteknologi Konvensional

Bioteknologi konvensional adalah bioteknologi yang menggunakan mikroorganisme sebagai alat untuk menghasilkan produk dan jasa, misalnya jamur dan bakteri menghasilkan enzim-enzim tertentu untuk melakukan metabolisme tubuh sehingga diperoleh produk yang diinginkan. Salah satu contoh produk pangan bioteknologi konvensional adalah tape. Tape dibuat dengan memanfaatkan mikroorganisme yang ada pada ragi.

Mikroorganisme ini akan mengubah zat organik menjadi zat organik lain. Misalnya, singkong difermentasi menjadi tape dengan menggunakan khamir (suatu jenis jamur yang ada pada ragi) *Saccharomyces cerevisiae*, yang terdapat pada ragi yang dicampurkan, saat proses pembuatan tape. Khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan tape singkong sebagai hasil fermentasi dapat dilihat pada Gambar

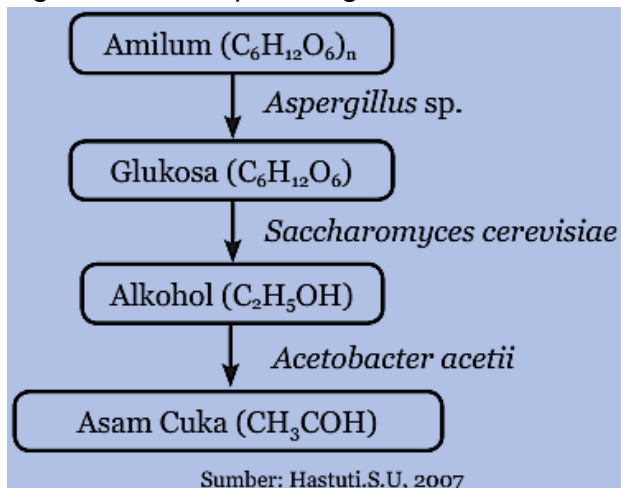


Sumber : (a) Dokumen Kemdikbud, (b) <http://www.visualphotos.com/>

Gambar 1.2 (a) Tape Singkong; (b) Khamir *Saccharomyces cerevisiae*

Ragi sangat diperlukan dalam proses fermentasi. Tahukah kamu, mikroorganisme yang terdapat pada ragi tape? Terdapat 3 mikroorganisme yang dapat ditemukan, yaitu *Aspergillus*, *Saccharomyces cerevisiae*, dan *Acetobacter aceti*. Mikroorganisme yang terdapat pada tape biasanya memiliki pekerjaan yang saling sinergis, artinya mikroorganisme tersebut akan bekerja saling bergantian untuk mengubah bahan baku dari singkong atau beras ketan menjadi tape.

Adapun proses dalam pembuatan tape dapat digambarkan seperti bagan dibawah ini.



Gambar 1.3 Perubahan Kimia yang Terjadi dalam Pembuatan Tape

Selama pembuatan tape terjadi fermentasi amilum menjadi glukosa yang bantu oleh *Aspergillus sp*, sedangkan untuk mengubah glukosa menjadi produk baru yaitu alkohol dibantu oleh kapang *Saccharomyces cerevisiae*, untuk merubah alkohol menjadi asam cuka maka proses tersebut dikendalikan oleh *Acetobacter acetii*. Mekanisme antara kerja seperti di atas disebut sinergisme glukosa menjadi alkohol.

Proses perubahan ini terjadi karena adanya kerja enzim-enzim pada sel ragi yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Proses fermentasi tape memanfaatkan respirasi anaerob pada mikroorganisme (pernapasan yang tidak membutuhkan oksigen). Selain pembuatan tape, banyak sekali makanan atau minuman yang merupakan produk dari bioteknologi. Coba kamu cari tahu makanan apa saja yang menerapkan prinsip bioteknologi dalam proses pembuatannya.

Kamu dapat memperoleh informasinya dari berbagai sumber, seperti dari internet, buku-buku pengayaan di perpustakaan, atau orang-orang yang tahu tentang hal ini di sekitarmu.



Ayo, Kita Cari Tahu

Ada banyak bahan pangan yang memanfaatkan bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari. Coba kamu cari, makanan atau minuman yang merupakan produk bioteknologi dan identifikasilah mikroorganismenya yang berperan dalam produksi makanan atau minuman tersebut. Tuliskan pada tabel di bawah ini hasil observasi dan identifikasi yang telah kamu lakukan.

No.	Jenis Bahan Pangan	Bahan yang Dipakai	Mikroorganismenya yang Berperan
1.	Tempe	Kedelai	<i>Rhizopus oryzae</i>

Bertanyalah pada orang tua atau orang-orang di sekitarmu ketika melakukan observasi!

Lakukan observasi dengan teliti dan catatlah hasil observasimu dengan rinci dan benar!

Berdasarkan hasil observasi pada kegiatan “Ayo, Kita Cari Tahu” di atas, beberapa makanan dan minuman yang kamu konsumsi adalah produk bioteknologi. Tape, roti, keju, atau yogurt adalah beberapa produk makanan bioteknologi yang mungkin pernah kamu makan. Proses untuk mengolah jenis makanan itu memanfaatkan pengolahan bioteknologi konvensional. Apakah kamu tahu mikroorganismenya yang berperan dalam pembuatannya? Simaklah penjelasan berikut!

a. Yogurt

Yogurt merupakan minuman hasil fermentasi susu yang menggunakan bakteri *Streptococcus thermophilus* atau *Lactobacillus bulgaricus*. Bakteri ini akan mengubah laktosa pada susu menjadi asam laktat. Efek lain dari

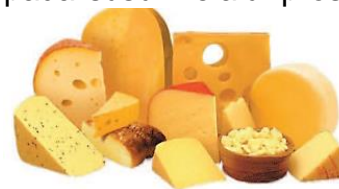


Sumber: en.wikipedia.org

proses fermentasi adalah pecahnya protein pada susu yang menyebabkan susu menjadi kental. Hasil akhirnya susu akan terasa asam dan kental. Proses penguraian ini disebut fermentasi asam laktat dan hasil akhirnya dinamakan yogurt.

b. Keju

Keju merupakan bahan makanan yang dihasilkan dengan memisahkan zat-zat padat pada susu melalui proses pengentalan atau koagulasi. Proses pengentalan ini dilakukan dengan bantuan bakteri



Sumber: <http://cheese-r-us.com>

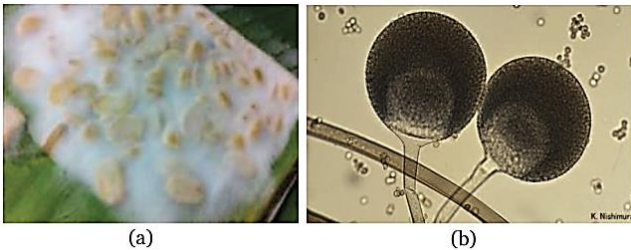
Lactobacillus bulgaricus dan *Streptococcus thermophilus*. Bakteri ini akan menghasilkan enzim renin, sehingga protein pada susu akan

menggumpal dan membagi susu menjadi cair dan padatan (dadih).

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

c. Tempe

Tempe adalah makanan tradisional khas Indonesia yang sering dikonsumsi menjadi salah satu makanan favorit. Tahukah kamu bagaimana cara membuat tempe? Pada dasarnya proses produksi tempe ini menggunakan teknik fermentasi. Fermentasi dilakukan dengan menumbuhkan jamur *Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus oligosporus* pada biji kedelai. Pada proses pertumbuhan, jamur akan menghasilkan benang-benang yang disebut dengan hifa. Benang-benang itu mengakibatkan biji-bijian kedelai saling terikat dan membentuk struktur yang kompak seperti pada Gambar



Sumber : (a) Dokumen Kemendikbud; (b) <http://www.pf.chiba-u.ac.jp/>

Gambar 1.4 (a) Tempe; (b) Jamur *Rhizopus oryzae*

Pada waktu pertumbuhan jamur, jamur juga akan membuat suatu enzim protease yang dapat menguraikan protein kompleks yang ada pada kedelai menjadi asam amino yang lebih mudah dicerna oleh tubuh kita.

d. Kecap



Sumber: Dokumen Kemdikbud

Kecap merupakan salah satu produk hasil bioteknologi yang terbuat dari kacang kedelai.

Pada tahap awal kedelai akan difermentasi dengan menggunakan jamur *Aspergillus wentii*. Tahap selanjutnya kedelai yang sudah difermentasikan akan dikeringkan dan direndam di dalam larutan garam. Pembuatan kecap dilakukan melalui proses perendaman kedelai dengan larutan garam, sehingga pembuatan kecap dinamakan fermentasi garam. Jamur *Aspergillus wentii* akan merombak protein menjadi asam-asam amino, komponen rasa, asam, dan aroma khas.

e. Roti

Apabila kamu makan roti atau donat, pernahkah kamu berpikir bagaimana membuat roti? Pembuatan roti juga memanfaatkan peristiwa fermentasi yang dibantu oleh yeast atau khamir. Yeast merupakan sejenis jamur yang ditambah pada adonan tepung dan akan menimbulkan proses fermentasi. Proses ini akan menghasilkan gas karbondioksida dan alkohol. Gas karbondioksida berperan dalam mengembangkan roti, sedangkan alkohol akan berkontribusi dalam menghasilkan aroma dan memberi rasa pada roti. Adonan akan tampak lebih mengembang dan membesar pada saat adonan dimasukkan ke oven, karena gas akan mengembang pada suhu tinggi.



Sumber: www.mehrad-co.com

Gambar 1.5 Berbagai Jenis Roti yang Memanfaatkan *Saccharomyces cerevisiae*

f. Minuman Beralkohol

Bioteknologi pangan juga banyak dimanfaatkan dalam pembuatan minuman beralkohol. Pembuatan minuman beralkohol merupakan proses fermentasi dengan bantuan jamur *Aspergillus oryzae*. Jamur *Aspergillus oryzae* akan menghasilkan enzim amilase yang dapat menguraikan amilum menjadi glukosa atau gula. Selanjutnya, gula akan difermentasikan lanjut menjadi alkohol dan gas karbondioksida. Proses tersebut kemudian akan menghasilkan minuman beralkohol dengan cita rasa tertentu sesuai

dengan bahan baku yang digunakan. Lama proses fermentasi akan mempengaruhi jumlah alkohol yang dihasilkan. Semakin lama proses fermentasi, semakin tinggi kandungan alkoholnya. Contoh minuman beralkohol adalah wine atau anggur. Bagaimana proses pembuatan wine? Minuman anggur dibuat dari buah anggur dengan memanfaatkan *Saccharomyces cerevisiae* melalui proses fermentasi, seperti halnya fermentasi pada pembuatan alkohol biasanya.

Tahukah kamu, ternyata beberapa makanan dan minuman mengandung alkohol, misalnya pada tape dan roti. Apa dampak bagi tubuhmu, bila mengkonsumsi bahan makanan itu? Tentu kamu tahu bahwa mengkonsumsi alkohol akan merusak kesehatanmu. Pemerintah telah memberi batasan dalam pengonsumsi alkohol melalui BPOM (Badan Pengawas Obat dan Makanan) dengan memberikan rekomendasi batasan alkohol pada makanan dan minuman sebanyakbanyaknya 5%. Di atas persentase tersebut, BPOM menyatakan makanan dan minuman tersebut berbahaya untuk kesehatan

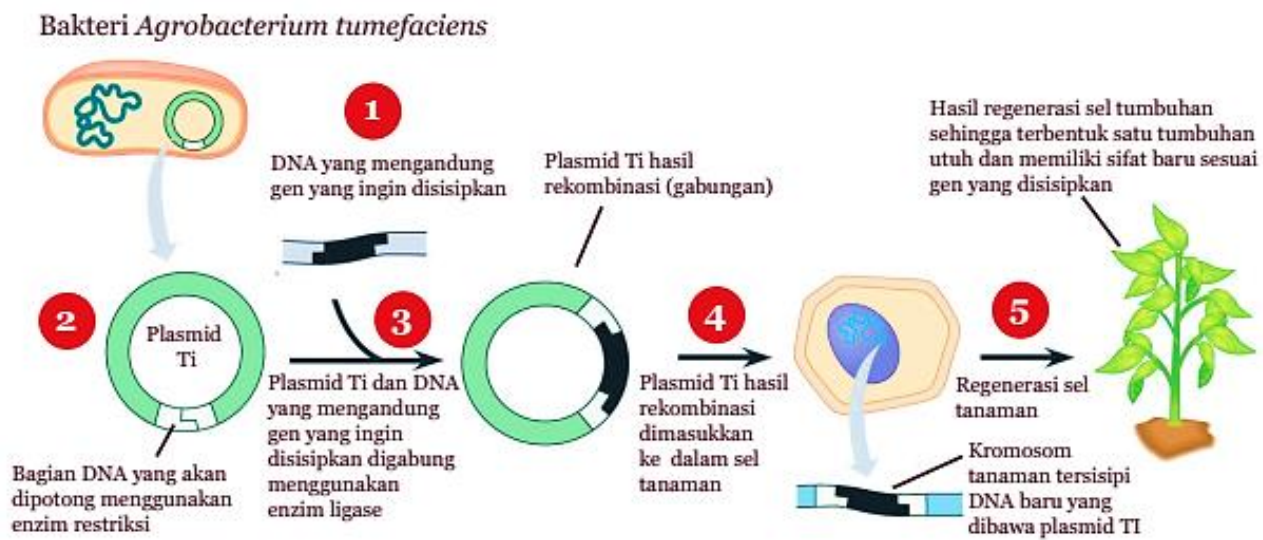
C. Bioteknologi Modern

1. Bidang 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 budi daya 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.

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 1.6!



Sumber: Reece, 2012

Gambar 1.6 Teknik Rekayasa Genetika pada Tanaman dengan Bantuan Bakteri *Agrobacterium tumefaciens*

Teknik rekayasa genetika dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu 1) penyiapan fragmen DNA yang akan disisipkan pada DNA tanaman tertentu; 2) penyiapan vektor (perantara) baik plasmid atau menggunakan virus; 3) potongan DNA yang akan disisipkan tersebut digabung (rekombinasi) dengan vektor; 3) DNA gabungan akan di sisipkan pada sel-sel tanaman; 4) tanaman akan tumbuh menjaditanaman dengan sifat baru, sesuai dengan DNA yang disisipkan.

Melalui transgenik juga dapat dikembangkan kacang tanah dan kacang kedelai yang tidak akan menimbulkan reaksi alergi bagi yang mengkonsumsi. Hasil produksi tanaman transgenik yang lolos uji lapangan dapat dipasarkan secara bebas. Tanaman transgenik lain yang telah dikembangkan adalah kentang manis yang tahan virus dan beras dengan kandungan zat besi dan vitamin A yang lebih tinggi. Beras bervitamin A ini lebih dikenal dengan nama Golden rice, seperti pada Gambar 1.7.



Sumber: www.goldenrice.org

Gambar 1.7 Perbandingan Beras Normal (Putih) dan Golden Rice (Kuning)

Golden rice dikembangkan dengan cara mengambil gen pengode 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.

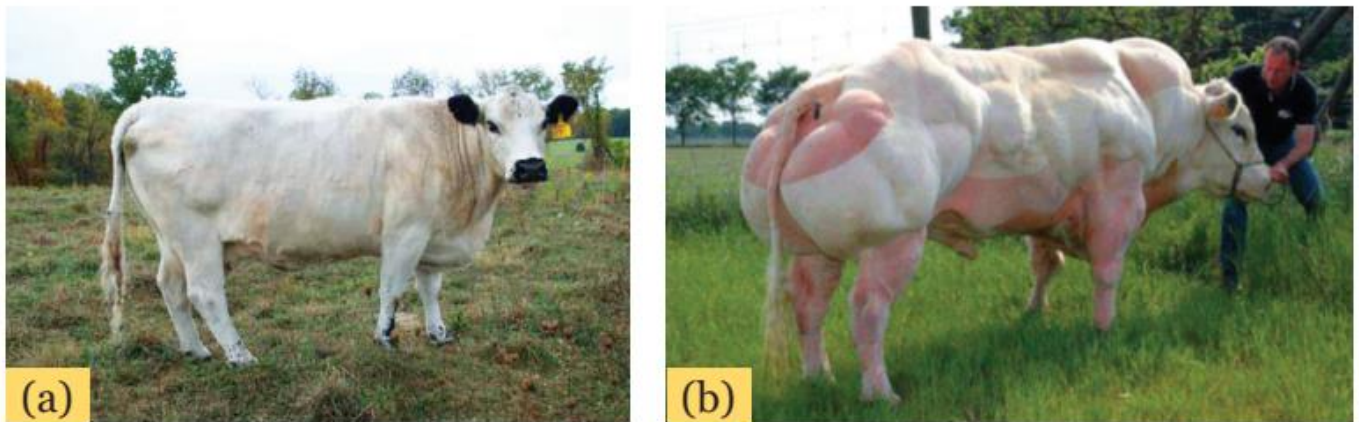
2. Bioteknologi Peternakan

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

transgenic 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 pengode 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 1.8



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

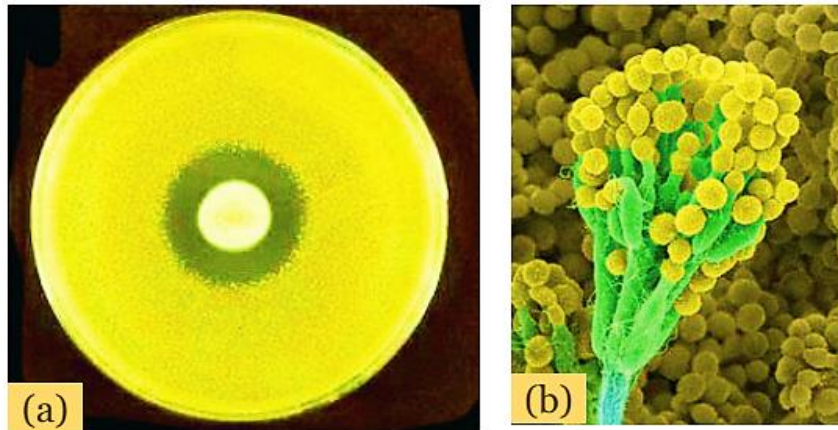
Gambar 1.8 (a) Sapi Biasa, (b) Sapi Transgenik

3. Bioteknologi Kesehatan

Bioteknologi banyak diaplikasikan dalam bidang kesehatan atau bidang medis, misalnya pembuatan antibiotik, insulin sintesis, 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 1.9).



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

Gambar 1.9 (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 1.1!

Tabel 1.1 Mikroorganisme yang Dipilih Sebagai Sumber Antibiotik

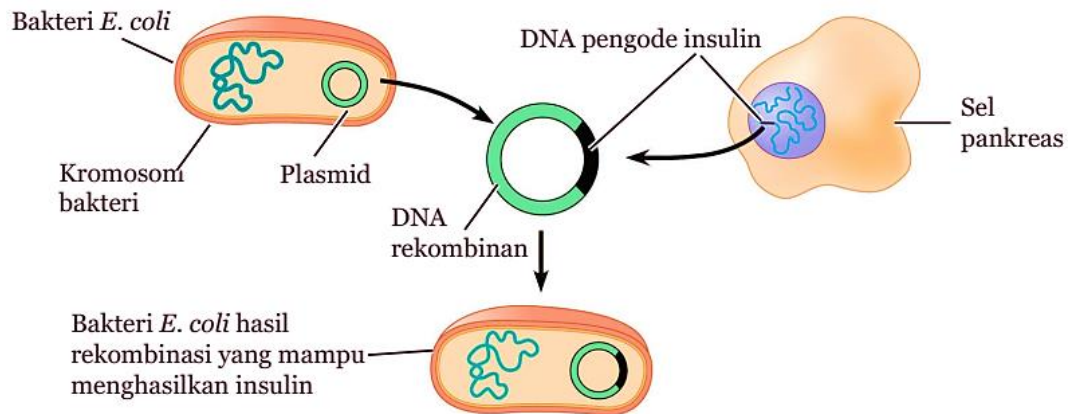
Nama Mikroorganisme	Antibiotik yang Dihasilkan
<i>Penicillium notatum</i> dan <i>Penicillium chrysogenum</i>	Penisilin
<i>Streptomyces griseus</i>	<i>Streptomycin</i>
<i>Streptomyces fradiae</i>	<i>Neomycin</i>
<i>Streptomyces aureofaciens</i>	<i>Tetracycline</i>
<i>Bacillus licheniformis</i>	<i>Bacitracin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

b. Insulin Sintetis (Humulin)

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

Gejala awal penderita diabetes melitus, 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 melitus 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 sintesis dihasilkan? Perhatikan Gambar 1.10!



Sumber: Campbell *et al.* 2008

Gambar 1.10 Rekombinasi Gen Pengode Insulin pada Bakteri *E. coli*

Untuk menghasilkan hormon insulin, DNA yang mengode hormon insulin dalam sel pankreas diambil. Selanjutnya DNA tersebut direkombinasikan ke dalam vektor (perantara), misalnya plasmid. Menggabung (merekombinasi) potongan DNA yang mengode gen tertentu dengan vektor. Plasmid yang telah mengandung DNA pengode hormon insulin dimasukkan ke dalam sel bakteri *E. coli*, sehingga bakteri *E. coli* mengandung DNA pengode 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

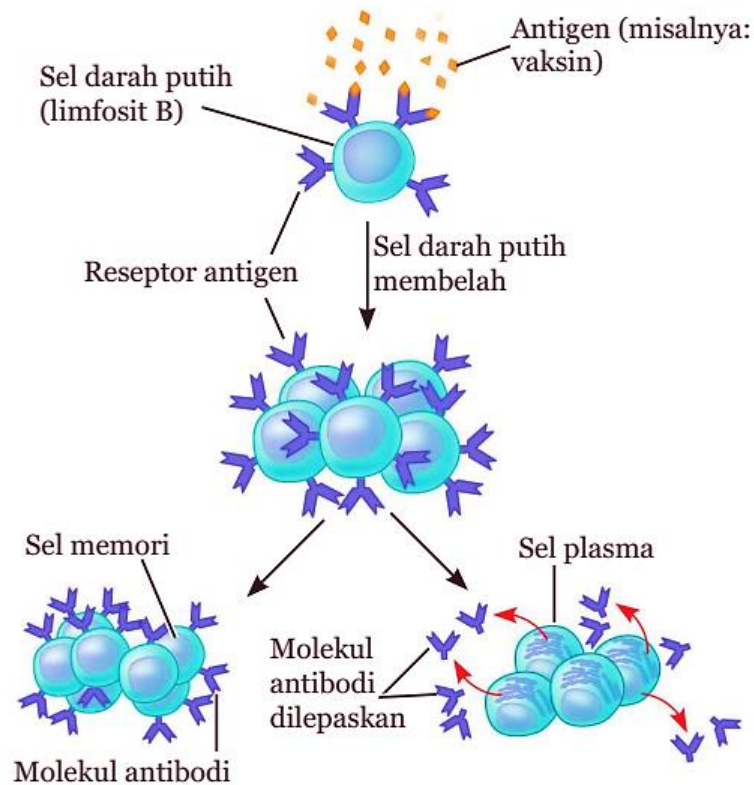
Pernahkah kamu mendapatkan imunisasi? Imunisasi atau disebut juga vaksinasi merupakan langkah yang sangat efektif untuk melindungi tubuh kita dari patogenpatogen yang menyebabkan penyakit, misalnya hepatitis, polio, tetanus, campak, dan lain sebagainya. Vaksinasi adalah suatu proses peningkatan sistem kekebalan tubuh dengan cara memasukkan vaksin ke dalam tubuh seseorang, sehingga memiliki kekebalan terhadap penyakit tertentu yang disebabkan oleh virus atau bakteri.



Sumber : Dok. Kemdikbud

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 antibody 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 1.11!



Sumber : Campbell *et al.* 2012

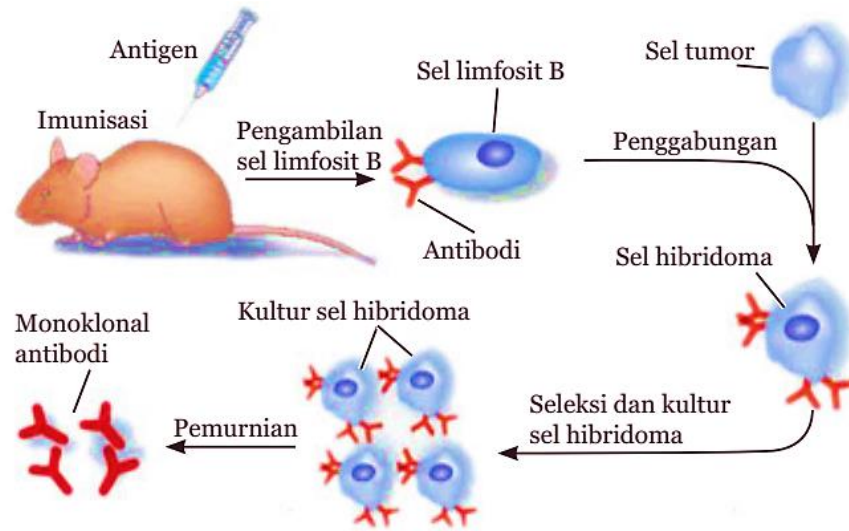
Gambar 1.11 Mekanisme Pembentukan Antibodi Akibat Pemberian Vaksin

Saat ini ilmuwan telah menghasilkan vaksin yang lebih aman menggunakan teknik-teknik dalam bioteknologi. Ilmuwan telah berhasil mengisolasi gen yang mengode protein yang terdapat dalam permukaan bakteri dan virus tertentu. Gen tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam sel *Saccharomyces*. Sel *Saccharomyces* yang berkembang biak 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 antibody 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 1.12 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.

4. 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.

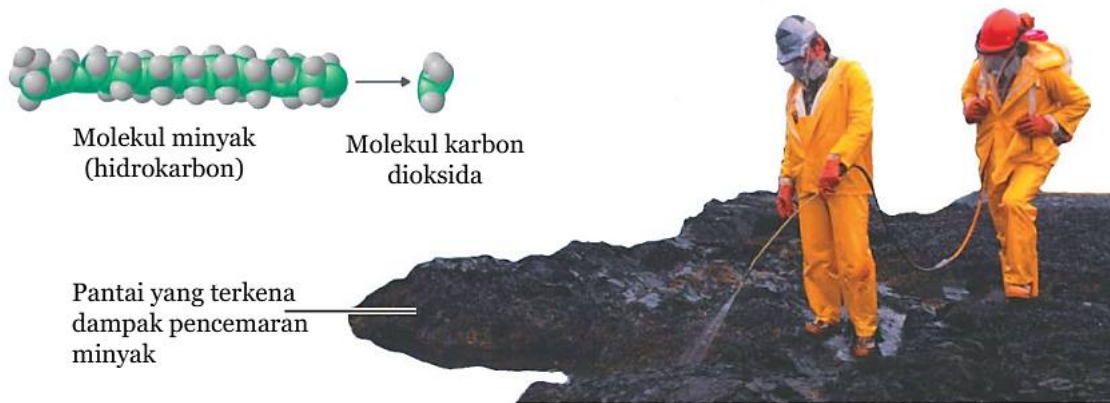


Sumber: (a) media.treehugger.com, (b) images.nationalgeographic.com, (c) static.guim.co.uk, (d) northdallasgazette.com

Gambar 1.13 (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 1.14!.



Sumber: Tortora *et al.* 2010

Gambar 1.14 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 ftooremediasi.



Sumber: wordpress.com

Gambar 1.15 Foto Pembersihan Polutan yang Dibantu oleh Bakteri Melalui Proses Bioremediasi (a) Foto Sebelum Bioremediasi, (b) Foto Setelah Bioremediasi

5. 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 1.16 Profil Pita DN

DNA fngerprinting adalah teknik yang dilakukan untuk mengidentifikasi seseorang berdasarkan pada profil pita DNA (Gambar 1.16). Ada dua aspek yang digunakan dalam DNA fngerprinting, yaitu adanya keseragaman dan variasi profil DNA pada satu individu. Prosedur DNA fngerprinting memiliki kesamaan dengan teknik investigasi menggunakan tes sidik jari. Dalam tes sidik jari dilakukan pencocokan profil sidik jari seseorang. Sementara itu, pada DNA fngerprinting 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 ferrooxidan*.



Sumber: denniskunkel.com

Gambar 7.28 Bakteri *Thiobaccillus ferrooxidan*

D. Dampak Penerapan dan Pengembangan Bioteknologi

1. Dampak terhadap Lingkungan

Masih ingatkah kamu dengan tanaman transgenik atau hewan transgenik? Tanaman atau hewan transgenik memiliki susunan gen yang telah dimodifikasi, baik ditambahkan suatu gen atau dilakukan pengurangan suatu gen organisme tersebut. Organisme transgenik ini jika tidak dikelola dengan baik, akan dapat mencemari keanekaragaman gen yang ada di lingkungan alami atau merusak plasma nutfah. Plasma nutfah merupakan materi yang membawa sifat suatu makhluk hidup.

Proses pencemaran tersebut dikenal dengan polusi gen. Misalnya, pengembangan tanaman jagung transgenik yang tahan terhadap herbisida, jika jagung transgenik ini ditanam di lahan alami, maka serbuk sari dapat membawa gen jagung transgenik dan menyerbuki jagung alami. Penyerbukan seperti ini membuat gen-gen pada jagung alami terkontaminasi dengan gen-gen dari tanaman jagung transgenik. Perhatikan Gambar 1.17!



Sumber: en.wikipedia.org

Gambar 1.17 Peneliti Sedang Mengamati Monokultur Jagung Transgenik

Tanaman transgenik biasanya merupakan tanaman unggul. Sifat unggul ini membuat petani lebih cenderung menanam tanaman transgenik (monokultur) dan tidak lagi menanam tanaman lokal. Akibatnya, tanaman lokal (bukan tanaman transgenik) akan menjadi langka. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya penurunan jumlah plasma nutfah. Penggunaan tanaman transgenik juga dapat menimbulkan hama baru yang lebih kuat daripada hama sebelumnya dan mengganggu keseimbangan ekosistem.

2. Dampak terhadap Kesehatan

Banyak masyarakat yang khawatir bahwa pengembangan tanaman dan hewan transgenik berbahaya bagi kesehatan manusia. Hal ini disebabkan di dalam organisme transgenik terdapat kombinasi gen baru, yang jika dikonsumsi oleh manusia dikhawatirkan dapat memicu munculnya penyakit pada beberapa orang yang sensitif terhadap zat yang dihasilkan oleh organisme transgenik. Berdasarkan hasil penelitian terhadap tanaman kedelai transgenik yang mengandung gen dari kacang Brazil dapat memicu reaksi alergi pada orang tertentu yang sensitif terhadap kacang Brazil. Meskipun demikian, tidak semua orang mengalami reaksi alergi karena mengonsumsi produk tanaman atau hewan transgenik. Beberapa produk bioteknologi lainnya, seperti alkohol dapat disalahgunakan untuk dibuat menjadi minuman beralkohol yang apabila dikonsumsi terus-menerus dapat menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan.

3. Dampak terhadap Sosial dan Ekonomi

Berbagai produk dari bioteknologi juga berpengaruh terhadap bidang ekonomi dan sosial. Seseorang yang memiliki modal dapat mengembangkan pertanian transgenik yang dapat meningkatkan hasil panen menjadi sangat berlimpah dengan kualitas sangat baik. Tindakan ini tentunya dapat membuat petani tradisional kalah bersaing dalam pemasaran, sehingga dapat menimbulkan kerugian bagi petani tradisional. Jika masalah ini terus berlanjut, maka akan menimbulkan kesenjangan perekonomian yang semakin besar. Begitu juga apabila negara yang sudah maju dalam mengembangkan organisme transgenik memasarkan produknya dalam perdagangan internasional, tentunya produk negara berkembang akan kalah. Akibatnya penghasilan negara pun dapat berkurang. Kondisi ini juga dapat membuat negara berkembang menjadi tergantung pada produk negara maju.

E. Penutup

1. Rangkuman

- a. Bioteknologi merupakan penerapan prinsip-prinsip biologi, biokimia, ilmu rekayasa, serta ilmu lainnya dalam pengolahan bahan dengan memanfaatkan makhluk hidup dan komponen-komponennya untuk menghasilkan barang dan jasa, sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan manusia.
- b. Bioteknologi konvensional adalah bioteknologi yang menggunakan mikroorganisme sebagai alat untuk menghasilkan produk dan jasa, misalnya jamur dan bakteri yang menghasilkan enzim-enzim tertentu untuk melakukan metabolisme tubuh sehingga diperoleh produk yang diinginkan.
- c. Contoh produk bioteknologi konvensional adalah tapai, tempe, yoghurt, keju, dan kecap.
- d. Pada pembuatan tapai terlibat kerja sama mikroorganisme yaitu *Saccharomyces cerevisiae*, jamur *Aspergillus sp.*, dan bakteri *Acetobacter aceti*.
- e. Yoghurt merupakan makanan yang dihasilkan dari fermentasi susu dengan bantuan bakteri *Lactobacillus casei*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, dan *Bifidobacteria*.
- f. Keju merupakan makanan yang dihasilkan dari proses koagulasi atau pengentalan protein kasein susu dengan bantuan rennet dan bakteri asam laktat seperti *Lactococcus sp.*, *Lactobacillus bulgaricus*, dan *Streptococcus thermophilus*.
- g. Proses pembuatan tempe juga melibatkan proses fermentasi yang dilakukan oleh jamur *Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus oligosporus*. Proses pembuatan kecap melibatkan proses hidrolisis dan fermentasi dengan menggunakan jamur *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus sojae*, dan *Aspergillus wentii*.
- h. Proses pembuatan kecap melibatkan proses hidrolisis dan fermentasi dengan menggunakan jamur *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus sojae*, dan *Aspergillus wentii*.
- i. Melalui rekayasa genetika mampu diciptakan bibit unggul yang akan memberikan produk bermutu tinggi, misalnya tahan terhadap hama atau mampu menambah nilai gizi, seperti dikembangkannya golden rice yang mengandung vitamin A.
- j. Aplikasi bioteknologi dalam bidang peternakan yaitu peningkatan produksi susu dilakukan dengan cara memproduksi hormon bovine somatotropin (bST), pengembangan hewan ternak sehingga tahan terhadap penyakit, dan memiliki pertumbuhan yang cepat.

- k. Aplikasi bioteknologi dalam bidang kesehatan misalnya dihasilkannya antibiotik, vaksin, hormon insulin sintetis, dan antibodi monoklonal.
- l. Dalam bidang forensik, bioteknologi banyak dimanfaatkan dalam proses investigasi menggunakan teknik DNA fingerprinting.
- m. Bioteknologi juga banyak digunakan dalam bidang lingkungan, misalnya melalui bioremediasi, yaitu pemanfaatan bakteri untuk mendegradasi atau menguraikan polutan yang mencemari lingkungan.
- n. Selain membawa manfaat ternyata bioteknologi dapat merugikan manusia, misalnya: a. Produk bioteknologi hasil rekayasa genetika dapat menyingkirkan plasma nutfah, yaitu jenis makhluk hidup yang masih memiliki sifat asli; b. Produk makanan beralkohol menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan bila dikonsumsi.

2. Refleksi

- a. Beri tanda (√) pada gambar yang menyatakan perasaan Anda setelah mempelajari materi ini!



- b. Tuliskan materi yang telah Ananda pelajari dan materi baru yang Ananda pelajari tentang bioteknologi konvensional pada kolom-kolom berikut.

<p>Yang sudah saya pelajari pada materi ini adalah</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>Hal baru yang saya pelajari adalah</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

3. Evaluasi

Lengkapi tabel berikut:

No.	Olahan pangan	Mikroorganisme yang digunakan
1		
2		
3	Tape	
4		
5		
6	Kecap	
7		
8		

Daftar Pustaka

Zubaidah, Siti., dkk. 2018. *Ilmu Pengetahuan Alam Kelas IX Semester 2 : buku siswa / Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Edisi Revisi*. Jakarta : Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Zubaidah, Siti., dkk. 2018. *Ilmu Pengetahuan Alam Kelas IX : buku guru / Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Edisi Revisi*. Jakarta : Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan,

Kristianti, Yohana. 2020. *Modul Pembelajaran Jarak Jauh Pada Masa Pandemi Covid-19 Untuk Jenjang Sekolah Menengah Pertama/ Modul 2 Bioteknologi*. Jakarta : Direktorat Sekolah Menengah Pertama Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI.