

PANG4410  
Edisi 1

MODUL 01

# Definisi, Prinsip Dasar, dan Perkembangan Bioteknologi Pangan

Dr. rer.nat. Abu Amar  
Dr. Lula Nadia, M.A., M.Si.  
Dr. Dewi Sartika, M.Si.

# Daftar Isi

<b>Modul 01</b>	<b>1.1</b>
Definisi, Prinsip Dasar, dan Perkembangan Bioteknologi Pangan	
<b>Kegiatan Belajar 1</b>	1.5
Definisi, Ruang Lingkup, dan Prinsip Dasar	
<b>Latihan</b>	1.13
<b>Rangkuman</b>	1.14
<b>Tes Formatif 1</b>	1.15
<b>Kegiatan Belajar 2</b>	1.19
Sejarah Perkembangan Bioteknologi	
<b>Latihan</b>	1.31
<b>Rangkuman</b>	1.32
<b>Tes Formatif 2</b>	1.33
<b>Kegiatan Belajar 3</b>	1.36
Implementasi Bioteknologi Konvensional dan Modern dalam Bidang Pangan	
<b>Latihan</b>	1.49
<b>Rangkuman</b>	1.49
<b>Tes Formatif 3</b>	1.50
<b>Kunci Jawaban Tes Formatif</b>	1.54
<b>Daftar Pustaka</b>	1.55



## Pendahuluan

Untuk mempelajari materi dalam modul bioteknologi pangan ini, ada baiknya mahasiswa sudah mendapatkan materi perkuliahan Biologi, Mikrobiologi Dasar/Umum, dan ilmu-ilmu pangan seperti Pengetahuan Bahan Pangan, Mikrobiologi Pangan, Kimia Pangan, Biokimia Pangan dan Keamanan Pangan. Dengan demikian saat memasuki pembahasan dalam buku ini tidak mengalami kesulitan. Akan lebih sempurna lagi jika ilmu-ilmu yang terkait misalnya genetika dan rekayasa genetika sudah dikenal terlebih dahulu. Pembahasan Bioteknologi Pangan cukup kompleks mulai bahan baku produk yang akan digunakan atau dimanfaatkan sebagai bahan utama yang dikembangkan menjadi suatu produk baru dengan bantuan mikrobia atau turunannya (seperti enzim). Dengan demikian perubahan-perubahan yang terjadi dari bahan baku menjadi produk baru tidak asing dan dapat dipahami dengan baik. Terlebih lagi pemahaman terhadap jenis-jenis mikroorganisme dalam pangan, karena sangat besar peranannya dalam bioteknologi pangan. Proses produksi dengan menggunakan mikroorganisme biasanya berjalan spontan apabila menggunakan mikroorganisme yang ada secara alami atau dengan menggunakan mikroorganisme yang sengaja ditambahkan (non spontan). Namun demikian, faktor-faktor penentu yang menyebabkan optimasi kerja mikroorganisme dalam pengolahan pangan membutuhkan lingkungan pendukung misalnya media/substrat, pH, dan Suhu, sehingga produk yang dihasilkan sesuai dengan kualitas yang diinginkan baik bentuk, rasa, flavor, dan penerimaan keseluruhan.

Disamping itu, ternyata proses yang terjadi selama pembuatan produk juga melibatkan banyak reaksi kimia yang terlibat dalam proses perubahan bahan baku menjadi produk baru dengan karakteristik yang berbeda baik nilai nutrisi ataupun bentuk dan karakter fisiknya. Perubahan pada nutrisi bahan baku yaitu dapat meningkatkan nilai gizinya atau bahkan memudahkan proses penyerapannya oleh tubuh. Oleh karena itu pemahaman ilmu-ilmu pangan yang tersebut di atas menjadi sangat penting untuk memudahkan pembaca dalam memahami materi pada buku Bioteknologi Pangan ini.

Materi Modul 1 ini membahas tentang definisi, ruang lingkup Bioteknologi, istilah-istilah yang muncul dalam perkembangan bioteknologi, bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern, serta contoh-contoh implementasi bioteknologi dalam bidang pangan baik klasik maupun modern. Modul ini terdiri atas 3 (tiga) Kegiatan Belajar. *Pertama* membahas tentang ruang lingkup, definisi, cakupan tentang bioteknologi dan prinsip dasar proses bioteknologi. *Kedua* membahas tentang sejarah perkembangan bioteknologi yang muncul khususnya dibidang Pangan *Ketiga* membahas tentang contoh-contoh implementasi bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern dalam bidang pangan.

## 1.4 Definisi, Prinsip Dasar, dan Perkembangan Bioteknologi Pangan

---

Setelah mempelajari Modul 1 ini Anda diharapkan dapat menjelaskan tentang definisi, ruang lingkup bioteknologi pangan, prinsip dasar dari bioteknologi pangan, sejarah perkembangan bioteknologi khususnya bidang pangan, serta mampu menjelaskan implementasi bioteknologi pangan baik secara klasik maupun secara modern.

Kegiatan  
Belajar

## 1

# Definisi, Ruang Lingkup, dan Prinsip Dasar

**D**efinisi bioteknologi banyak dikembangkan oleh para ilmuwan, diantaranya **Bioteknologi** merupakan cabang ilmu yang mempelajari teknologi pemanfaatan makhluk hidup (bakteri, fungi (kapang dan khamir), virus, dan lain-lain) maupun turunan produk dari makhluk hidup (enzim, alkohol, PST (protein Sel Tunggal), bio surfaktan, biopigmen, biokatalis, bioenergi) dalam proses produksi untuk menghasilkan barang dan jasa.

## A. DEFINISI BIOTEKNOLOGI

Definisi lain menerangkan bahwa Bioteknologi adalah metode atau proses yang melibatkan makhluk hidup atau organisme hidup untuk menghasilkan produk baru sehingga dapat bermanfaat bagi kesejahteraan manusia. Atau dapat dikatakan juga, bioteknologi merupakan suatu cabang ilmu yang mempelajari cara memanfaatkan organisme hidup dalam melakukan proses produksi untuk menghasilkan barang maupun jasa yang bermanfaat bagi manusia. Bioteknologi berasal dari dua kata yaitu Bio dan Teknologi. Kata Bio berarti kehidupan sedangkan kata Teknologi memiliki makna sebagai suatu metode ilmiah yang digunakan untuk mencapai tujuan secara praktis. Pada zaman kini, Bioteknologi tidak hanya didukung oleh keilmuan biologi saja, tetapi juga dari berbagai macam ilmu terapan, seperti biokimia, biologi molekuler, genetika, mikrobiologi, komputer dan lain-lain. Sehingga bioteknologi Dapat di definisikan sebagai ilmu terapan yang menggabungkan berbagai macam cabang ilmu dalam memproses barang atau jasa yang bisa bermanfaat bagi manusia dengan menggunakan bantuan makhluk hidup. Adapun ciri-ciri utama dari bioteknologi adalah adanya 1) jasad biologi/renik seperti mikroorganisme, tumbuhan maupun hewan, dan 2) teknologi yang dapat diaplikasikan secara industri, baik dengan menggunakan proses ekstraksi maupun pemurnian.

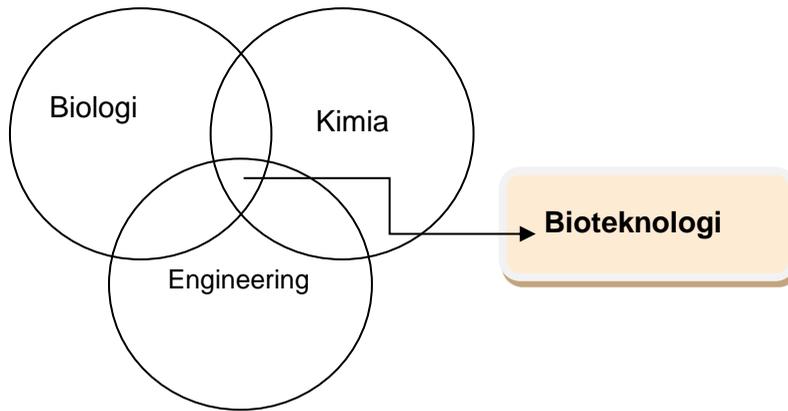
*School of Biotechnology, Dublin College University (2017)*, mendefinisikan bioteknologi sebagai teknik manipulasi sistem biologis yang terkontrol dan disengaja (baik pada sel hidup maupun komponen sel) untuk pengolahan bahan yang prosesnya berlangsung secara efisien agar dapat diperoleh produk yang bermanfaat. Pemilihan organisme yang tepat dalam suatu proses, memungkinkan diproduksi berbagai macam zat/produk, yang berguna bagi manusia, seperti sumber terbarukan pada

makanan, bahan bakar dan obat-obatan. Selama 30 tahun terakhir, ahli biologi telah mengaplikasikan secara terpadu metode fisika, kimia dan matematika untuk mendapatkan pengetahuan/teknologi baru pada tingkat molekuler, tentang sel hidup, dan memproduksi bermacam-macam zat-zat yang diperlukan. Dengan demikian, dengan menggabungkan pengetahuan yang baru, metode teknik yang spesifik dan sains, maka muncul konsep bioteknologi terpadu yang mencakup semua disiplin ilmu (Anonim, 2017)

Definisi Bioteknologi juga berkembang yang bergantung pada institusi atau bidang ilmu yang mendasarinya contohnya definisi yang disampaikan oleh Department Of Biotechnology And Food Science dari Norwegian University of Science and Technology (2016), Bioteknologi adalah teknologi yang memanfaatkan sistem biologis, organisme hidup atau bagiannya untuk mengembangkan atau menciptakan produk yang berbeda, seperti pada pembuatan roti. Roti adalah proses yang memanfaatkan konsep bioteknologi (penggunaan ragi/organisme hidup untuk menghasilkan roti). Pada proses Bioteknologi konvensional biasanya menggunakan organisme hidup dalam bentuk alami/sebelum direkayasa (belum dikembangkan lebih lanjut), sementara bioteknologi modern umumnya sudah melibatkan modifikasi/rekayasa biologis atau organisma. Pada tahun 1970an, penelitian di bidang bioteknologi (dan bidang terkait lainnya seperti kedokteran, biologi dan lainnya) berkembang pesat dengan ditemukannya teknik rekayasa dari materi genetik organisme (DNA). Melalui Bioteknologi, banyak produk hasil rekayasa ditemukan setiap tahun seperti di bidang: obat-obatan (pengembangan obat-obatan dan terapi baru), pertanian (pengembangan tanaman rekayasa genetika, biofuel, pengolahan biologis) dan industri (produksi bahan kimia, kertas, tekstil dan makanan).

Bioteknologi adalah area multi disiplin yang menggabungkan ilmu-ilmu biologi, kimia dan proses, yang dapat diaplikasikan baik di bidang pertanian, farmasi, ilmu pangan, ilmu kehutanan maupun kedokteran. Diperkirakan, orang pertama yang menggunakan istilah ini adalah seorang insinyur dari Hungaria, bernama Karl Ereky, tahun 1919. Secara internasional Bioteknologi didefinisikan sebagai ilmu yang mengacu pada setiap aplikasi teknologi yang memanfaatkan sistem biologis dan organisme hidup atau turunannya untuk menciptakan atau memodifikasi produk atau proses untuk tujuan tertentu (Anonim, 1992).

Menurut Murray dan Young (1996) dalam 'the Comprehensive Biotechnology: The principles of Biotechnology' menjelaskan pengertian bioteknologi dengan menggunakan diagram pada Gambar 1.1:



Gambar 1.1  
Pengertian Bioteknologi Menggunakan Diagram

Definisi Bioteknologi akan mudah dengan memperhatikan diagram di atas. Ada tiga lingkaran dengan masing masing bidang yaitu Biologi beririsan dengan bidang kedua yaitu kimia dan beririsan dengan bidang ketiga yaitu *engineering*. Jika irisan biologi dan kimia disebut sebagai biokimia, sedangkan irisan biologi dengan engineering disebut sebagai bio-engineering, sedangkan irisan antara kimia dan engineering disebut sebagai kimia-engineering. Nah irisan ketiga bidang itulah yang disebut sebagai BIOTEKNOLOGI. Jadi, Bioteknologi harus mencakup paling tidak ketiga bidang ilmu tersebut.

Contoh proses Bioteknologi: 1) Proses pembuatan Antibiotik yang dihasilkan oleh kapang, maka kapang sebagai penghasil antibiotik harus difahami secara rinci oleh ahli biologi, bagaimana persyaratan tumbuh dan berkembangnya agar dapat menghasilkan antibiotik secara optimal. Seperti antibiotik *Penisilin* dihasilkan oleh jamur *Penicillium notatum*; Antibiotik *sepalosporin C* dihasilkan oleh jamur *Cephalosporium*; dan Antibiotik *Streptomisin* dihasilkan oleh jamur *Streptomyces griseus*; masing-masing jamur memiliki karakteristik biologis yang berbeda. Dari segi kimiawi, untuk meningkatkan produksi, dapat dilakukan pengendalian faktor faktor pertumbuhannya, baik kenaikan suhu, kestabilan derajat keasaman, atau nutrisinya. Dari ilmu engineering sangat penting dalam mendesain proses produksi, *recovery* produk, mendesain fermentor/ekstrasinya sehingga efisiensi dan optimaasi proses produksi antibiotik dapat dicapai.

2) Proses pembuatan yoghurt secara industri, Ahli biologi atau mikrobiologi harus memahami kultur yang digunakan, kultur bakteri asam laktat harus dipilih yang benar benar optimal dalam proses konversi laktosa menjadi asam laktat sehingga tercapai kadar asam laktat yang disyaratkan, yaitu mencapai kadar 0,5 – 0.9%, secara kimia atau biokimia harus disadari bahwa semakin tinggi kandungan laktosa dalam bahan maka akan semakin banyak kadar asam laktat yang dihasilkan, yang berkontribusi pada flavour yang terbentuk sehingga menghasilkan flavour yoghurt yang enak. Komponen-komponan flavor utama yoghurt adalah kelompok asam, keton,

aldehid, turunan furan, turunan ester, kandungan asetaldehide, dan kandungan diacetyl 1,4 butanediol harus tersedia untuk mendapatkan flavour yoghurt yang ideal. Untuk menghasilkan yoghurt yang aman dikonsumsi dengan higienitas dan sanitasinya terjamin maka harus dirancang proses pengemasannya dengan baik, cepat, dan tepat, maka dibutuhkan ahli engineering. Semua proses itu dikerjakan secara terintegrasi dari berbagai bidang keilmuan dengan tujuan akhir untuk kemaslahatan umat manusia. Oleh karena itu pendapat dari Federasi Bioteknologi Eropa melengkapi definisi bioteknologi yang cukup komprehensif dan terkini.

Asosiasi Bioteknologi Eropa atau Federasi Bioteknologi Eropa (*European Biotechnology Federation*) mengemukakan bahwa Bioteknologi adalah ilmu Pengetahuan yang mengintegrasikan penerapan antara ilmu biologi, kimia, *engineering* dengan memanfaatkan mikroorganisme atau produk turunannya termasuk didalamnya sel-sel, bagian dalam sel, misalnya enzim atau protein-protein hasil selulernya untuk kepentingan umat manusia dalam mencapai kesejahteraan umat manusia (EBF 1996 dalam Hartmeir 1996). Definisi ini termasuk pengertian yang sangat luas, aplikatif, dan sudah mencakup apa yang dipaparkan dari Dublin College University tersebut di atas. Nampaknya walaupun didefinisikan oleh EBF pada tahun 1996, ternyata mampu mengantisipasi kondisi baru dimasa yang akan datang.

Kalau dikupas dari arti harfiahnya Bioteknologi berasal dari kata Bio dan Teknologi. Bio terkait dengan organisme hidup, baik yang bersel tunggal sampai dengan jaringan multiseluler yang sangat kompleks (organisme tingkat tinggi) yaitu tumbuhan, hewan dan bahkan manusia. Sedangkan teknologi dapat diterjemahkan sebagai serangkaian metode atau cara yang akan terapkan secara praktis dalam menyelesaikan suatu permasalahan yang dihadapi manusia dengan berbasis pada science atau ilmu pengetahuan. Adapun menurut Habibie dalam buku 'Teknologi Tepat Guna, Pengembangan dan Penerapannya', menyampaikan bahwa ada tiga syarat untuk pengembangan teknologi yaitu mutu produk, biaya murah dan tepat waktu. Muhammadiyah (2005) menyampaikan persyaratan aplikasi teknologi yang dapat dimanfaatkan langsung kepada manusia harus memenuhi beberapa syarat antara lain: 1) *technologically manageable* (teknologi dapat dikelola dengan baik), yaitu Teknologi yang digunakan seharusnya dapat dikendalikan secara nyaman dan aman (tidak membahayakan); 2) *economically profitable* (Menguntungkan secara ekonomis) yaitu teknologi yang digunakan juga harus memberikan keuntungan secara ekonomis; 3) *socially acceptable* (diterima secara sosial); 4) *environmentally sustainable* (ramah lingkungan), aplikasi teknologi baru harus tidak merusak lingkungan atau dengan kata lain teknologi yang digunakan harus ramah lingkungan. Ke-empat kaidah ini harus terpenuhi dalam penerapan teknologi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa definisi Bioteknologi itu adalah suatu ilmu terapan, gabungan dari berbagai disiplin ilmu yang memanfaatkan agen biologis dalam suatu proses untuk menghasilkan barang atau jasa demi kemaslahatan umat manusia.

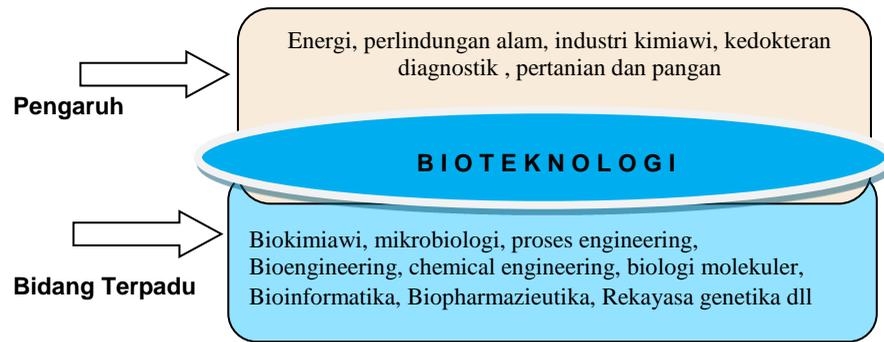
## B. RUANG LINGKUP

Untuk memudahkan pemahaman ruang lingkup bioteknologi maka ada baiknya digambarkan dalam suatu diagram sehingga menjadi lebih jelas. Telah banyak disebutkan di atas dalam materi definisi bahwa ruang lingkup bioteknologi mencakup banyak hal mulai dari ilmu biologi dan turunannya, ilmu kimia dan turunannya serta engineering dan turunannya. Bahkan untuk saat ini tidak hanya dalam tiga bidang itu saja, bioteknologi berkembang hingga mencakup sistem informatika yang saat ini dikenal dengan Bioinformatika. Bioinformatika merupakan system informatika yang memuat seluruh informasi genetik yang sangat menentukan kualitas starter atau kultur yang akan digunakan dalam proses bioteknologi. Bahkan lebih lanjut dengan kemajuan bioteknologi berkembang ilmu-ilmu yang mampu mengatasi pro dan kontra tentang pengembangan dan penggunaan bioteknologi di masyarakat. Ilmu yang dimaksud adalah bioetika dan biosafety. Hal ini mutlak diperlukan untuk memberikan ketenangan pada masyarakat dan menjamin keamanan teknologi maupun ketersediaan plasma nutfah yang ada dalam suatu negara. Karena dikawatirkan penggunaan hasil rekayasa genetika yang tidak terkendali akan memicu berkurangnya indeks keanekaragaman hayati di suatu negara. Oleh karena itu pemanfaatan hasil rekayasa genetika harus disikapi secara hati hati.

Bioteknologi berfungsi sebagai teknologi kunci abad 21 ini. Peran dan fungsi Bioteknologi di saat ini dan masa depan dapat disejajarkan dengan *information technology* dan *microelectronic* atau *nano technology*. Di beberapa negara berkembang dan maju bahkan kelompok dunia ketigapun telah didengungkan program riset unggulan tentang biotechnology untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Negara maju misalnya Jerman, Amerika Serikat, Perancis, dan Inggris serta Jepang, menempatkan riset di bidang Bioteknologi sebagai riset sangat penting. Walaupun konsep Bioteknologi masih terdengar relatif baru, sebenarnya sudah sejak zaman dulu kala manusia memanfaatkan proses bioteknologi ini untuk memproduksi bir, *wine*, roti, keju, asam cuka dan lainnya. Peran mikroorganisme dan enzim dan juga komponen kimiawi yang dihasilkannya merupakan penyebab suatu produk menjadi baik atau menjadi tidak baik.

### Area Cakupan Bioteknologi

Hubungan bioteknologi dan ilmu ilmu yang terkait disajikan pada Gambar 1.2 berikut.



Gambar 1.2  
Hubungan antara Bioteknologi dan Ilmu-ilmu Pendukung

Pada saat ini sebenarnya mikroba seperti bakteri, virus (bacteriophage-virus yang melisiskan bakteri), dan khamir banyak dimanfaatkan untuk kepentingan manusia melalui proses bioteknologi. Hal tersebut diperlukan karena untuk melisiskan bakteri resisten, yang sekarang sudah digunakan adalah virus-bakteri (bacteriophage). Sejak 35 tahun yang lalu rekayasa genetika menjadi lompatan mendasar dalam proses bioteknologi. Melalui metode bioteknologi, sel sel, protoplas, dan kultur jaringan serta rangkaian DNA dapat dimodifikasi sesuai dengan keinginan manusia untuk mencapai kesejahteraan umat manusia, sehingga berbagai organisme baru atau sifat-sifat baru mikroorganisme tanaman maupun sel sel hewan dapat direkayasa. Saat ini bioteknologi telah mempunyai tempat yang strategis dalam kehidupan kita dan sangat penting misalnya dalam bidang energi dengan ditemukannya sel sel mikroorganisme yang mampu memproduksi biomassa dalam jumlah besar yang dapat dikembangkan menjadi energi berbasis biomassa sehingga *renewable energy* berkembang sangat pesat untuk mengantisipasi kelangkaan bahan bakar fosil yang akan habis pada masanya nanti.

Demikian juga mikroorganisme yang mampu mengendalikan pencemaran lingkungan misalnya dengan mengurangi kandungan sulfur pada batu bara, akan mengendalikan hujan asam. Contoh lain adalah kemampuan mikroba untuk melakukan bioremediasi yaitu proses pengendalian pencemaran logam dengan menggunakan mikroba yang mampu mengadsorpsi ion ion logam berbahaya bagi lingkungan atau mengabsorpsi ion logam tersebut sehingga tidak masuk ke dalam badan air yang akan digunakan oleh manusia. Masalah energi dan perlindungan alam merupakan fokus kajian bioteknologi lingkungan.

Pemanfaatan kemajuan Bioteknologi sudah banyak dilakukan misalnya pada proses produksi asam glutamat (sebagai bahan baku penyedap rasa), proses produksi asam sitrat (dengan pemanfaatan *Aspergillus niger*), proses produksi wine (dengan pemanfaatan *Saccharomyces cerevisiae*), proses produksi enzim secara mikrobial banyak berkembang saat ini untuk menggantikan enzim renin yang berasal dari cairan lambung anak sapi. misalnya dengan memanfaatkan kapang *Mucor miehei*, *Mucor pusillus* juga *Aspergillus spp*, dan lainnya .

Dalam bidang kedokteran, untuk proses produksi antibiotik, yang bermacam macam misalnya penicilin, streptomycin, cephalosporin, xephamycin, erythromycin dan lain lain (untuk diagnosis dan terapi) sudah banyak memanfaatkan proses produksi secara mikrobial. Dalam bidang pertanian, untuk mendapatkan varietas baru dengan sifat yang dapat dikendalikan contoh padi *goldene rice* (tanaman padi yang diperkaya dengan provitamin A). Pada proses produksi pangan, untuk menciptakan jenis sumber sumber minyak dengan komposisi asam lemak yang dapat dikendalikan.

Di dalam Tabel 1.1 berikut dikenalkan beberapa produk bioteknologi yang berasal dari beberapa sumber khusus misalnya bioteknologi pangan.

Tabel 1.1  
Produk-produk Bioteknologi

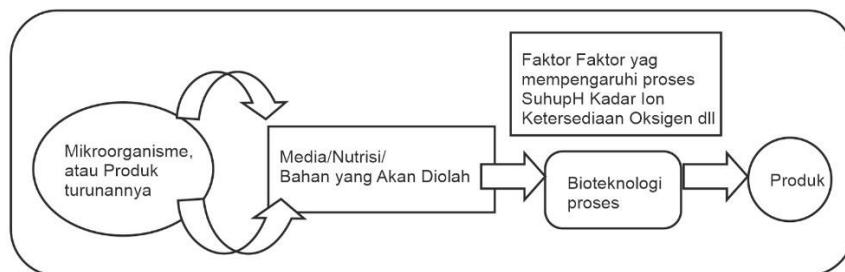
Bidang	Produk bioteknologi
Bioteknologi Pangan Produk yang siap konsumsi	Yoghurt, susu asam, keju, krim asam, sauerkraut, acar, sosis, sosis asap, produk daging asap olahan, dari negara Asean seperti kecap, tauco, soyu, kamaboko, natto, terasi/belacan, sufu dan lainnya. Produk olahan dengan menggunakan ragi, roti tawar, roti Perancis, roti manis, roti asam, Produk olahan jamur, minuman wine bir, teh, kopi, cokelat, bahan penyedap, komponen Mono Sodium Glutamat (MSG), asam amino lain, dan berbagai vitamin., bekasam (ikan fermentasi), tempoyak, asinan buah, asinan sayur (makanan tradisional Indonesia).
Bahan tambahan Pangan	Bahan pewarna alami (biopigmen yang diproduksi oleh kelompok algae) emulgator, stabilisator, glukosa, fruktosa, produk produk tepung, pektin, protein fungsional, bahan tambahan misalnya enzim yang sangat potensial selalu digunakan dalam proses bioteknologi
Pertanian	Pakan ternak, vaksin ternak, metode pengkomposan, mikroba pelindung tanaman, zat mikrobiologi anti hama, tanaman, bakteri <i>Rhizobium</i> , yang dapat diinokulasikan ke dalam tanaman, perbanyak tanaman dengan cara vegetatif, produksi embrio hewan, tanaman yang telah berubah genetiknya sehingga menghasilkan sifat yang baru.
Lingkungan	Virus bakteri (bacteriophage untuk melisiskan cemaran bakteri resisten), konsorsium mikrobia untuk menurunkan cemaran limbah industri (bioremediasi), biosurfaktan untuk penyabunan dan penurunan limbah minyak dan bahan baku pembuat sabun.

Sumber: eV. Biotechnologieand Ernahrungsbereich 3598/1999

Dengan demikian ruang lingkup bioteknologi sangat luas mulai dari masalah energi, masalah lingkungan, masalah kedokteran, masalah pertanian, masalah industri, obat-obatan, dan Pangan. Peran Bioinformatika menjadi sangat penting, untuk mengatasi pro dan kontra dalam implementasinya dan diperkuat dengan bioetika dan biosafety. Di Indonesia sudah ada komisi bioetika nasional. Pada akhirnya dapat dijelaskan bahwa implementasi bioteknologi tidak lepas dari kehidupan manusia secara menyeluruh.

### C. PRINSIP DASAR

Prinsip dasar yang harus difahami oleh pembaca adalah pemahaman definisi dan ruang lingkup dari bioteknologi itu tidak sulit, sangat sederhana, dan komponen utama yang harus ada yaitu 1) organisme atau produk turunan dari organisme itu sendiri, seperti enzim atau produk-produk lain yang dihasilkannya, 2) proses yang terjadi akibat adanya mikroorganisme atau produk turunannya tersebut sehingga tercipta barang atau produk yang mempunyai nilai tambah yang lebih baik, baik zat gizi, rasa, atau nilai ekonomisnya serta performance secara umum dari produk tersebut. Namun yang paling utama adalah nilai tambah ekonominya harus meningkat. Untuk lebih jelasnya akan digambarkan pada diagram berikut:

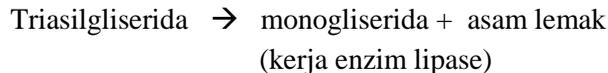


Gambar 1.3  
Proses Bioteknologi yang Melibatkan Mikroorganisme, Media atau Nutrisi dalam Menghasilkan Produk

Berdasarkan Gambar 1.3, ditegaskan bahwa mikroorganisme yang dimanfaatkan atau produk turunannya (misalnya enzim) akan mengkonversi secara utuh atau partial nutrisi/media atau bahan yang akan diolah menjadi produk yang bernilai tinggi. Untuk itu diperlukan bioteknologi proses yang sangat bergantung pada faktor-faktor yang mempengaruhi hidup dan tidaknya mikroorganisme dalam sistem tersebut. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses bioteknologi adalah jumlah mikroba, lama fermentasi, pH (keasaman), substrat (medium), suhu, oksigen, garam dan air. Jika faktor-faktor itu menstimulasi pertumbuhan mikroba secara baik maka hasil produknya akan optimal karena proses hidrolisis/perombakan substrat/media/nutrisi berjalan secara optimal, begitu juga sebaliknya.

Sehingga dapat diringkas bahwa faktor-faktor penting pendukung bioteknologi adalah a) Mikroorganisme yang digunakan, dipilih yang murni dan stabil dengan kecepatan pertumbuhannya maksimal, b) faktor lingkungan yang mampu menstimulasi mikroorganisme tumbuh dengan baik, c) nutrisi atau media yang mendukung pertumbuhan mikroba sehingga menstimulus peningkatan produk akhir. Sebagai contoh:

1) produksi enzim lipase maka nutrisi/media yang digunakan harus banyak mengandung lemak atau senyawa lipida karena hal ini memicu mikroorganisme memproduksi enzim lipase berlebihan agar mampu merombak lemak menjadi asam lemak sebagai sumber energy mikroorganisme. Enzim lipase adalah enzim yang mampu menghidrolisis triasilgliserol menjadi asam lemak dan gliserol. Manfaat Enzim lipase adalah sebagai katalisator proses pembuatan emulsifier, mentega, surfaktant, coklat tiruan. Mikrobial penghasil enzim lipase adalah *Staphylococcus aureus*, kapang *Aspergillus niger* dan *Rhizopus arrhizus*. Reaksi perombakannya sebagai berikut:



2) produksi yoghurt, mikroba yang digunakan harus fresh, misalnya *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* yang harus diperhatikan adalah suhu kedua jenis mikroorganisme itu tumbuh dengan baik, ketersediaan oksigen yang cukup dalam proses bioteknologinya, flavor yang diinginkan apakah perlu ditambahkan asam sitrat atau tidak, tekstur yoghurt yang diinginkan. Proses perombakan dalam memproduksi yoghurt mengikuti kaidah ini:

Laktosa  $\rightarrow$  Glukosa+Galaktosa (kerja: enzim  $\beta$ -galaktosidase)

Glukosa+Galaktosa  $\rightarrow$  Asam piruvat (kerja: Bakteri Asam Laktat)

Asam piruvat  $\rightarrow$  Asam laktat+CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O (kerja: Bakteri Asam Laktat)

Secara singkat faktor mikroorganisme atau produk turunannya, nutrisi dan faktor faktor lingkungan yang mempengaruhi proses bioteknologi tidak boleh diabaikan agar mendapatkan hasil yang optimal dan diperoleh mutu atau kualitas produk yang terjamin.



## Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan definisi Bioteknologi dari berbagai sumber minimal tiga sumber yang anda ketahui!

- 2) Apakah secara prinsip definisi definisi yang anda paparkan itu saling berkaitan? Jelaskan!
- 3) Mengapa kehidupan manusia tidak lepas dari implementasi bioteknologi?
- 4) Bidang bidang mendasar apa sajakah yang mendukung perkembangan bioteknologi? Jelaskan pendapat saudara!
- 5) Begitu luaskah ruang lingkup bioteknologi itu? Jelaskan!
- 6) Bagaimanakah prinsip dasar Proses Bioteknologi itu?
- 7) Faktor faktor apa saja yang harus diperhatikan dalam bioproses, pemanfaatan mikroorganism, bioteknologi? Jelaskan!

*Petunjuk jawaban latihan*

Untuk dapat menjawab soal soal latihan di atas, Anda harus mempelajari kembali Kegiatan belajar 1 mengenai definisi, dan ruang lingkup Bioteknologi.



## Rangkuman

Definisi Bioteknologi sangat kompleks, namun paling tidak menyangkut tiga bidang ilmu yang mendasarinya yaitu biologi beserta ilmu turunannya (mikrobiologi, biologi molekuler, genetika, rekayasa genetika dan kultur jaringan), Kimia dan ilmu turunannya (biokimia, kimia fisik dan analitik, rekayasa biokimia, dan teknologi enzim) engineering serta turunannya (rekayasa proses, rekayasa industri, rekayasa mesin, dan instrumentasi industri). Dalam pemanfaatan ilmu bioteknologi ini tidak lepas dari agen biologis mulai dari organisme, mikroorganisme atau produk turunannya misalnya sel-sel, enzim yang dihasilkan atau produk yang dihasilkan oleh sel dalam prosesnya untuk menghasilkan produk/barang atau jasa yang semuanya untuk kemaslahatan umat manusia.

Integrasi penerapan tiga bidang ilmu yang mendasari dalam bioteknologi ini berkembang menjadi Ruang lingkup yang banyak sehingga muncul banyak istilah misalnya bioteknologi industri, bioteknologi lingkungan, bioteknologi kesehatan, bioteknologi pangan, bioteknologi pertanian. Implementasi bioteknologi sudah melekat pada seluruh aktivitas manusia mulai dari kebutuhan mendasar manusia yaitu energi, ada energi terbarukan berbasis biomassa yang ramah lingkungan sehingga kita mampu menghemat penggunaan energi berbasis minyak bumi atau berbasis fosil, pelestarian lingkungan, misalnya pengendalian hujan asam dengan menghilangkan sulfur yang menempel pada batubara, sehingga saat batu bara dibakar tidak lagi menghasilkan  $\text{SO}_2$ , penghilangan ion logam dalam badan air yang dimanfaatkan manusia sebagai sumber air dengan cara bioremediasi. Dalam bidang medis contohnya yaitu produksi obat-obatan berbagai antibiotik dapat diciptakan dari berbagai kapang misalnya Penisilin, yang berasal dari kultur *Penicillium notatum*, Cephalosporin, yang berasal dari *Cephalosporium*, Streptomycin, yang berasal dari *Streptomyces griseus*, maupun untuk terapi. Dalam bidang Pertanian misalnya untuk menghasilkan bibit unggul sehingga diproduksi beras yang dilengkapi dengan provitamin A, tomat yang

proses pematangannya agak lama sehingga tidak cepat membusuk, biji bijian yang mempunyai kandungan asam lemak yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan, buah buahan tanpa biji manis dengan ukuran yang tertentu, bibit unggul ternak dan perikanan serta bibit sapi perah maupun sapi pedaging ayam petelur dan lainnya. Dalam bidang pangan diciptakan yoghurt, yang memenuhi standart kualitas yang ditentukan, yoghurt dilengkapi dengan probiotik organisms, produksi penyedap rasa, produksi pengental, stabilisator, produksi enzim dan lainnya.

Prinsip dasar yang harus dipelajari adalah keberadaan mikroorganism/produk sel sel lainnya dalam proses bioteknologi adalah suatu keniscayaan yang mau tidak mau harus ada, kemudian nutrisi atau bahan yang akan ditingkatkan nilai tambahnya harus tersedia dalam jumlah yang cukup yang mampu menstimulasi pertumbuhan mikrobanya, juga faktor faktor pentig yang mempengaruhi pertumbuhan mikrobanya sehingga proses perombakan bahan /nutrisi/media menjadi optimal atau sempurna. Dengan 3 komponen atau faktor itu maka proses bioteknologis dapat dijalankan secara baik. Konversi nutrisi atau bahan/media oleh mikroorganism menjadi kunci keberhasilan proses bioteknolog, disamping faktor yang mengelilinginya misalnya suhu, pH, ketersediaan oksigen dan derajat keasaman.



### Tes Formatif 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Definisi Bioteknologi sangat kompleks sehingga pada penerapan bioteknologi umumnya didasari tiga bidang ilmu, yaitu ....
  - A. biologi, kimia, dan matematika
  - B. biologi, kimia, dan engineering
  - C. biologi, kimia, dan obat- obatan
  - D. biologi, engineering, dan pertanian
  
- 2) Dari pernyataan berikut terkait dengan definisi lainnya dari bioteknologi, *kecuali* ....
  - A. penggunaan agen biologis dalam prosesnya untuk mencapai tujuan kesejahteraan umat manusia
  - B. integrasi penerapan beberapa bidang ilmu biologi kimia dan engineering khususnya dalam pemanfaatannya menggunakan mikroorganism dan produk produk turunannya misalnya sel, materi enzim dan produk turunan lain untuk kemaslahatan umat manusia

- C. pemanfaatan pupuk N, P, K dalam mencapai produksi pertanian yang melimpah
  - D. penghilangan ion logam berbahaya dari badan air dengan memanfaatkan kemampuan mikroba untuk menurunkan efek yang membahayakan jika manusia mengkonsumsi air dari badan air tersebut
- 3) Implementasi Bioteknologi tidak lepas dari kehidupan manusia karena hal berikut, *kecuali* ....
- A. semua aktivitas manusia mulai dari ketersediaan bahan pangan, produk olahan pangan yang berkualitas sampai obat-obatan tidak terlepas dari peran mikroba didalamnya
  - B. lingkungan yang bersih lingkungan yang bebas SO<sub>2</sub> walaupun kita menggunakan bahan bakar fosil berkat jasa mikroba yang dimanfaatkan manusia
  - C. terapi masalah kesehatanpun memanfaatkan kerja jasad renik yang sangat populer walaupun jika dosisnya tidak tepat akan berbahaya yaitu kuman atau penyakit menjadi kebal terhadap obat tersebut.
  - D. sabun yang digunakan manusia untuk mencuci piringpun pasti memanfaatkan jasa engineering dalam pembuatannya.
- 4) Ruang lingkup bioteknologi sangat luas, yang *kurang pas* dalam lingkup bioteknologi adalah ....
- A. konstruksi bangunan yang hemat energi dan ramah lingkungan
  - B. *goldene rice* merupakan hasil karya bioteknologi yang diharapkan realisasinya secara menyeluruh pada anak anak balita
  - C. enzim mikrobial pengganti renin
  - D. munculnya yoghurt yang menyehatkan yang dalam prosesnya dilengkapi dengan *probiotic microorganisms*
- 5) Jika persyaratan kaidah Teknologi yang dapat diterapkan itu sebagai berikut:
- I. Dapat diterima oleh masyarakat secara menyeluruh
  - II. Dapat dikendalikan secara teknologis
  - III. Memperhatikan tentang pelestarian lingkungan
  - IV. Secara ekonomis menguntungkan.
- Maka jika produk yoghurt yang kaya akan vitamin dan dilengkapi dengan bakteri probiotik sebagai produk bioteknologi harus memenuhi ....
- A. persyaratan I dan II
  - B. persyaratan II dan IV

- C. persyaratan I, II dan III  
D. semua persyaratan di atas
- 6) Berikut contoh implementasi bioteknologi dalam bidang Pangan, *kecuali* ....
- A. monosodium glutamat  
B. asam sitrat  
C. streptomycin  
D. sosis asap
- 7) Organisme berikut dimanfaatkan dalam proses produksi asam sitrat ....
- A. *aspergillus oryzae*  
B. *aspergillus niger*  
C. *aspergillus flavus*  
D. *aspergillus spp*
- 8) Bioetika dan biosafety muncul ke permukaan karena kemajuan bioteknologi jika tidak terkontrol akan sebagai berikut, *kecuali* ....
- A. memusnahkan plasma nutfah jika rekayasa genetika digunakan sembarangan  
B. membahayakan pada individu manusia karena mengkonsumsi produk yang belum terjamin keamanannya  
C. memudahkan masyarakat misalnya penggunaan obat-obatan yang paten dari mikroba  
D. menimbulkan alergi pada manusia jika kita mengkonsumsi produk biotek yang belum teruji keamanannya
- 9) Prinsip dasar proses bioteknologi sangat bergantung pada ....
- A. mikroba  
B. nutrisi atau bahan yang akan dikonversi  
C. faktor lingkungan  
D. semuanya benar
- 10) Prinsip dasar bioteknologi
- I. Konversi substrat media menjadi bahan yang bernilai tambah tinggi oleh mikroba atau oleh penambahan produk turunan yang dihasilkan oleh sel  
II. Hidrolisis senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dan pasti akan menghasilkan produk dengan nilai ekonomis yang lebih tinggi  
III. Faktor utama yang mempercepat proses bioteknologi adalah faktor-faktor yang menstimulasi pertumbuhan mikroba dalam bahan

Berdasarkan pernyataan di atas maka kalimat yang paling benar adalah ....

- A. I,II ,dan III benar
- B. I dan III benar
- C. II dan III benar
- D. semuanya salah

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100$$

Arti tingkat penguasaan



Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

# Sejarah Perkembangan Bioteknologi

Mempelajari perkembangan bioteknologi, baik disadari maupun tanpa disadari, penerapan proses bioteknologi telah dilakukan sejak zaman dahulu kala. Hal ini berdasarkan artefak artefak yang didokumentasikan oleh lembaga museum terkenal di Jerman Timur (waktu itu), sekarang menjadi Jerman atau Bundes Republik Deutschland (BRD) karena mereka telah menjadi satu kesatuan. Jerman barat dan Jerman Timur menyatu menjadi negara Jerman atau yang biasa disebut sebagai BRD pada bulan Oktober tahun 1990 yang pada tanggal dan bulan itu diperingati sebagai hari penyatuan Jerman atau *Tag der Vereinigung*. Tempat yang dimaksud adalah museum yang terbesar di Jerman dan setiap tahunnya pengunjung museum ini tidak kurang dari 5 juta orang, yang dikenal dengan nama: *Pergamon Museum*.

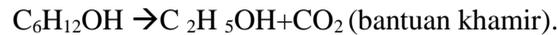
Dalam museum itu dijumpai artefak artefak yang menggambarkan orang yang membuat wine secara konvensional, ada juga cara pembuatan keju yang berasal dari susu sapi. Ini menunjukkan bahwa zaman dulu orang sudah mengimplementasikan prinsip bioteknologi tanpa mereka sadari. Sejarah perkembangan Bioteknologi dibagi menjadi 5 era/periode yaitu:

1. Zaman sebelum pasteur (pra pasteur) dari dulu kala sampai tahun 1869
2. Zaman Pasteur/Era Pasteur (1869 sampai 1940)
3. Zaman ditemukannya antibiotik/Era antibiotik (sampai tahun 1960)
4. Zaman sesudah Antibiotik/Post antibiotik (sampai tahun 1975)
5. Bioteknologi era baru (Mulai tahun 1975 sampai sekarang)

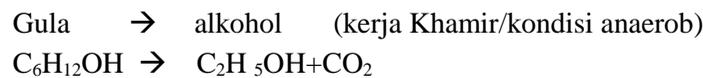
## A. ZAMAN SEBELUM PASTEUR

Lebih dari ribuan tahun yang lalu manusia telah menggunakan mikroorganisme seperti misalnya bakteri khamir dan juga kapang untuk membuat roti, keju, minuman anggur (wine), Bir atau asam cuka. Fakta-fakta yang ada tentang wine sebelum tahun 2000 SM di Assyria sudah ditemukan. Fermentasi *wine* berlangsung karena ada yeast dalam anggur. *Wine* sudah dikembangkan di daerah Yunani, Romawi, bahkan sampai Spanyol dan Perancis. Raja Roma yang bernama Marcus, Aucilius, Probus, mempromosikan produksi *wine* di Jerman pada daerah sekitar Moselle dan Rhine (tahun 276-282 Masehi). Perkembangan teknologi *wine* ini dimulai dari Eropa sampai Amerika Latin khususnya di Chile Argentina dan Brasilia bahkan sampai ke Amerika

Utara juga di daerah California. Satu abad berikutnya tanaman anggur dikembangkan menjadi wine muncul juga di Australia dan Afrika. Wine adalah minuman alkohol yang dibuat dari sari buah yang difermentasi. Proses perombakan gula dalam buah anggur hampir sama dengan bir, hanya beda bahan baku dan flavor produk akhir. Proses perombakan



Minuman beralkohol lainnya adalah bir. Bir merupakan minuman hasil fermentasi yang memanfaatkan mikroorganisme yang terlibat yaitu khamir (*S. cerevisiae* dan *S. carlbergensis*). Dengan prosesnya sebagai berikut:

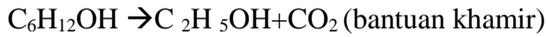


Bir pada wadah berupa tablet tanah liat di Summeria (Summerianne) dikenal dengan nama *Monument Bleu* yang disimpan dalam bejana. Dalam bejana itu terdapat juga dokumen pembuatan bir zaman prasejarah yang berasal dari Babilonia dan Mesir kuno. Pembuatan bir tidak hanya dari jenis serelia atau biji-bijian saja, akan tetapi dapat juga dari jenis biji rumput-rumputan. Lebih lanjut teknik pembuatan bir berkembang sangat cepat dibandingkan dengan fermentasi buah anggur menjadi wine. Hal ini mengarahkan pembuatan bir pada skala yang lebih besar karena dimanfaatkan sebagai minuman rakyat. Terbukti diketahui bahwa sejak awal milenium ketiga sebelum masehi yang secara konvensional minuman ini dapat disiapkan dari Barley. Bahkan pada waktu itu diketahui bahwa kecambah biji-bijian lebih mudah difermentasi menjadi bir atau alkohol daripada sereal yang tidak dikecambahkan. Sejak itu, pembuatan bir dilakukan dengan menggunakan barley atau biji-bijian yang dikecambahkan terlebih dahulu. Hal ini disebut sebagai *loaves beer* (bir roti) yang berbahan dasar *green malt*. Sebagian kecambah dari biji-bijian itu dikeringkan di bawah sinar matahari, lalu disimpan sebagai bahan baku pada pembuatan bir.

Jika pada saat musim tidak panen dan biji-bijian jarang ditemukan, maka material kecambah yang sudah dikeringkan langsung dapat digunakan sebagai bahan untuk proses pembuatan bir. Malt dan *loaves beer* diaduk secara merata dengan air dan sisanya dipisahkan dengan cara separasi dengan keranjang yang dianyam. Proses ini berlanjut terus sehingga cairan yang keruh menjadi bening. Proses fermentasinya dilangsungkan dalam bejana terbuat dari tanah liat yang dilengkapi dengan penutup. Pada proses fermentasi ini, bakteri yang berperan dalam pembuatan bir adalah *Aspergillus oryzae/aspergillus niger* (minuman beralkohol); *Saccaromyces tuac* (tuak). *Saccaromyces ellipsoideus* (minuman anggur)

Bir dari Babilonia mempunyai sedikit rasa agak masam yang berasal dari asam laktat, yang disebabkan oleh bakteri asam laktat yang berada pada sereal. Disamping

asam laktat diperkirakan juga karena terbentuknya asam cuka yang keduanya berfungsi sebagai pengawet, menjaga daya tahan bir, akan tetapi jumlah asam organik ini tidak terkontrol sehingga rasa bir sangat variatif sekali. Asam cuka adalah reaksi lanjutan pada proses pembuatan alkohol, yang dapat dinyatakan sebagai berikut.



Etanol  $\rightarrow$  asam cuka (bantuan Bakteri Asam Cuka)

Pada zaman Babilonia tersebut masyarakatnya telah mampu membuat berbagai macam produk fermentasi dan berhasil menciptakan 20 macam jenis bir. Orang Mesir sering menghadiahkan bir pada relasinya dengan menggunakan bir yang berasal dari Babilonia.

Bir juga dikenal di zaman Mesir kuno yang dibuat dengan bahan dasar *loaves beer* yang disangrai terlebih dahulu sehingga memberi warna hitam pekat pada bir. Selain bahan dasar tersebut, juga ditambahkan bunga-bunga tanaman atau buah-buahan tanaman tertentu untuk menimbulkan flavour atau aroma yang khas. Beberapa bir mempunyai kadar alkohol yang cukup tinggi antara 12-15% yang dapat dicapai jika dalam proses pembuatannya ditambahkan gula. Pada masa itu dipahami bahwa untuk fermentasi bir diperlukan zat gula, yang diperoleh dari pemecahan karbohidrat menjadi dekstrin oleh aktifitas enzim yeast (enzim amylase dari *Azospirillum sp.*), sehingga yeast selalu ditemukan dalam proses pengolahan ini. **Dekstrin** adalah produk antara yang bersifat larut dalam air, yang terbentuk selama hidrolisis pati menjadi gula oleh panas, asam dan atau enzim dengan rumus:  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Pada masa itu, sisa hasil fermentasi sebelumnya berupa cake yang banyak mengandung sel-sel yeast dimanfaatkan kembali pada proses fermentasi berikutnya dan seterusnya secara tradisional. Sebagaimana pada pembuatan roti di zaman itu yang menggunakan sisa adonan pembuatan roti sebelumnya sebagai starter fermentasi adonan roti.

Sesudah abad 16 pembuatan bir dengan bahan dasar sereal atau barley yang difermentasi sudah mendunia. Di kawasan Asia Tenggara banyak diproduksi juga minuman mirip wine tetapi dari bahan baku beras sehingga disebut dengan rice wine. Pengolahan lebih lanjut dari minuman beralkohol dapat dihasilkan etanol yang sudah dikenal sejak tahun 1150 M dengan cara destilasi minuman beralkohol. Etanol yang dihasilkan dikenal sebagai spiritus dari wine. Selain minuman beralkohol, dari proses fermentasi tersebut dapat dihasilkan alkohol dengan cara proses destilasi. **Destilasi** adalah sebuah teknik yang memisahkan suatu komponen volatile terlarut dengan pelarutnya berdasarkan perbedaan volatilitas atau kecepatan menguap, pada suhu dan tekanan tertentu. Fermentasi lanjut dari buah dan biji dapat menghasilkan etanol sebagai persamaan reaksi berikut.





Belakangan dikenal juga oleh bangsa Yunani dan Romawi yang dapat menikmati *wine* yang diencerkan yang digunakan sebagai minuman penyegar. *Vinegar* atau cuka hasil fermentasi dapat diproduksi secara elegant dan eksklusif di rumah rumah penduduk dan pada abad 14 dikembangkan secara besar besaran di Perancis terutama Orleans.

**Vinegar** adalah produk cair hasil fermentasi etanol oleh bakteri asam asetat yang mengandung asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) atau cuka dan air. Bahan bakunya adalah bir dan wine. Proses pembuatan vinegar dilakukan melalui dua langkah yaitu pertama proses Fermentasi gula menjadi metanol oleh sel khamir dan kedua proses oksidasi etanol menjadi asam asetat oleh bakteri asam asetat. Di sini vinegar mula mula diproduksi dari bir dan *massa wine* dengan proses lambat sehingga disebut sebagai proses Orleans. Metode baru untuk pembuatan vinegar telah ditulis oleh Boerhaave (1668-1738). Proses ini dilakukan dengan cairan yang mengalir dan tidak lama dibandingkan dengan cairan stationer seperti halnya proses orleans. Proses Boerhaave merupakan proses pengembangan sehingga disebut sebagai proses cepat yang sebenarnya dikembangkan oleh Schuetzenbach.

Pada tahun 1824 Hamm mengembangkan proses yang menggunakan generator. Pada dua proses yang terakhir asam cuka dibentuk dalam generator vinegar yang diisi dengan potongan kayu tatal/serutan kayu yang menggulung sebagai tempat beradanya/perangkap koloni *Acetobacter*. Dengan demikian penangkapan etanol yang mengalir dari atas ke bawah akan melalui koloni yang terdapat dalam serutan kayu, sebagai akibatnya bakteri akan mengoksidasi etanol yang ada menjadi asetal dehide, dan asetal dehide bereaksi dengan air dan terbentuk asetal dehide hidrat yang dilanjutkan dengan peristiwa dehidrogenasi akan terbentuk asam cuka. Keperluan oksigen dapat dialirkan dari bawah menuju keatas melau koloni bakteri yang terdapat pada bagian serutan kayu. Proses oksidasi yang terjadi menimbulkan panas. Pada saat itu ada tiga sistem yang bekerja yaitu fase padat dari koloni mikroba, fase cair karena substratnya berbentuk cairan dan fase gas yang berasal dari oksigen yang didistribusikan dari bawah untuk proses oksidasi. Proses ini dikenal lebih lanjut dengan nama proses fermentasi.

Dikenal 2 tipe fermentasi yaitu fermentasi kering dan fermentasi basah atau fermentasi terendam. Fermentasi terendam merupakan tipe fermentasi yang dikembangkan oleh Ebner Hrotmaka pada tahun 1949, tipe fermentasi adalah fermentasi yang berlangsung dengan kulter inokulum terendam dalam media fermentasi yang biasanya berupa cairan. Fermentasi terendam memiliki efisiensi yang lebih baik, terutama dalam memproduksi produk-produk fermentasi yang bernilai ekonomis tinggi dan menghendaki sterilitas yang tinggi seperti dalam produksi antibiotika.

Berdasarkan produk yang dihasilkan, fermentasi dibagi menjadi dua jenis, yaitu (Belitz, 2009):

1. Homofermentatif, yaitu fermentasi yang produk akhirnya hanya berupa asam laktat. Contoh homofermentatif adalah proses fermentasi yang terjadi dalam pembutaan yoghurt.

2. Heterofermentatif, yaitu fermentasi yang produk akhirnya berupa asam laktat dan etanol sama banyak. Contoh heterofermentatif adalah proses fermentasi yang terjadi dalam pembuatan tape.

Berdasarkan penggunaan oksigen, fermentasi dibagi menjadi fermentasi aerobik dan anaerobik. Fermentasi aerobik adalah fermentasi yang memerlukan oksigen, sedangkan fermentasi anaerobik tidak memerlukan oksigen (Fardiaz, 1992).

Berdasarkan proses yang dihasilkan oleh mikroba, fermentasi dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Fermentasi yang memproduksi sel mikroba (biomass). Produksi komersial dari biomass dapat dibedakan menjadi produksi yeast untuk industri roti, dan produksi sel mikroba yang dikenal sebagai protein sel tunggal (PST) atau *single cell protein* untuk digunakan sebagai makanan manusia dan hewan.
2. Fermentasi yang menghasilkan enzim dari mikroba. Secara komersial, enzim dapat diproduksi oleh tanaman, hewan, dan mikroba, namun enzim yang diproduksi oleh mikroba memiliki beberapa keunggulan yaitu, mampu dihasilkan dalam jumlah besar dan mudah untuk meningkatkan produktivitas bila dibandingkan dengan tanaman atau hewan.
3. Fermentasi yang menghasilkan metabolit mikroba. Metabolit mikroba dapat dibedakan menjadi metabolit primer dan metabolit sekunder. Produk metabolisme primer yang dianggap penting contohnya etanol, asam sitrat, polisakarida, aseton, butanol, dan vitamin. Sedangkan metabolit sekunder yang dihasilkan mikroba contohnya antibiotik, pemacu pertumbuhan, inhibitor enzim, dan lain-lain.

Perkembangan bioteknologi berlanjut terus sampai sekarang dengan kecenderungan yang berbeda beda disesuaikan dengan kebutuhan saat ini. Dengan demikian pada saat ini era perkembangan bioteknologi sebenarnya dapat disimpulkan bahwa: penggunaan prinsip-prinsip bioteknologi tanpa disadari telah dilakukan secara intensif dan turun temurun

## **B. ZAMAN PASTEUR**

Pada masa pertengahan abad 19 Louis Pasteur menemukan bahwa mikroba yang spesifik bertanggung jawab pada proses fermentasi tertentu. Namun proses fermentasi belum dalam keadaan steril dilakukan, yang berarti ada mikroba lain yang ikut dalam proses fermentasi terkait. Sehingga dibuat persyaratan khusus agar mikroba tertentu saja yang terlibat dalam proses, dan mikroba asing yang mengganggu sesedikit mungkin terlibat. Saat itu dipahami bahwa dalam proses fermentasi terjadi reaksi reaksi fisiologis metabolik yang penting sehingga dalam aplikasinya secara teknis sangat

memungkinkan. Setelah Louis Pasteur menemukan prinsip sterilitas atau sifat aseptis tersebut, lebih lanjut Robert Koch mengembangkan teknik persiapan kultur murni dari mikroorganisme, proses ini ternyata masih mengandung resiko yaitu terinfeksi proses oleh mikroba asing yang sebenarnya tidak terlibat dalam proses. Berdasarkan konsep Koch, dengan memahami kondisi ekologis mikroba dimana proses berlangsung, maka setidaknya dapat menekan aktifitas mikroba asing. Bila ada kontaminasi bakteri maka kondisi ekologisnya tidak mendukung selama proses berlangsung. Produk asam laktat, asam cuka, etanol dan butanol, aseton, dan lain lain dapat diperoleh dengan bantuan mikroorganisme dengan cara seperti ini.

Produksi butanol ataupun aseton memegang peranan penting pada awal perang dunia 1 dan zaman perang dunia 2. Pada masa tersebut proses aseton dan butanol telah menjadi lebih baik dari sebelumnya. Pada awalnya oleh Weizmann proses fermentasi aseton, butanol telah dikembangkan saat perang dunia ke satu yang belakangan diketahui menjadi presiden pertama Israil. Proses produksi gliserol menjadi penting juga perannya pada saat perang dunia 1 dan 2. Proses produksi asam sitrat secara fermentasi mengakibatkan terjadinya pergeseran pekerjaan petani lemon atau buah sitrus yang semula aktif menanam dengan adanya proses yang demikian terjadi lah perubahan pekerjaan petani lemon waktu itu. Dengan demikian kebutuhan asam sitrat pada waktu itu dapat dipenuhi tanpa harus menunggu buah lemon besar. Dengan berkembangnya ilmu, buah lemon keberadaannya tidak lagi untuk menghasilkan asam sitrat tapi diolah menjadi produk lain. Hal ini terjadi di daerah Italia yang memang banyak menghasilkan lemon.

Dalam perkembangan pengelolaan limbah rumah tangga, diklarifikasi telah dikembangkan di akhir abad sembilan belas. Hal ini menggunakan proses bioteknologi yang berkelanjutan. Sebagai tambahan pada saat itu telah diproduksi ragi roti yang disebut sebagai biomassa dan banyak beredar di pasaran dengan berbagai merk. Demikian juga pembentukan makanan ternak yang berasal dari limbah, misalnya adalah jerami padi yang diperam fermentasi dan ditambahkan dengan molases akan meningkatkan nilai gizi jerami tersebut dan siap diberikan pada sapi. Contoh lain adalah produk pulp yang berasal dari limbah proses penggilingan kayu telah berkembang pula. Pada proses proses di atas mikroba kontaminan tidak terlalu mengganggu atau tidak memberikan efek yang berlebihan.

### **C. ZAMAN ANTIBIOTIK**

Tahun 1927/1928 Alexander Flemming telah menemukan obat penisilin yang berasal dari kapang. Hal ini merupakan perkembangan lebih lanjut dari sejarah bioteknologi. Dengan pemahaman proses steril pada tahun 1940, proses bioteknologi dapat dengan mudah dilaksanakan tanpa ada gangguan dari mikroba asing. Terlebih semenjak diketahui bahwa penisilin dapat dipotong atau dihidrolisis oleh enzim yang berasal dari mikroba asing sehingga menjadi tidak aktif. Dengan demikian proses

bioteknologi yang mensyaratkan harus bebas dari mikroba asing menjadi sangat mutlak diperlukan.

Kelompok di Oxford telah mengembangkan teknik kimia sejak dari tahun 1940. Dengan ditemukannya teknik operasi biokimiawi dalam proses fermentasi ini memungkinkan kita memproduksi dengan hasil yang optimum tanpa memperhatikan mikroba asing yang mengkontaminasi proses. Hal ini digunakan untuk mencegah perkembangan selama berlangsung dan waktu proses menjadi lebih pendek dengan teknik yang rumit. Demikian juga produk yang semula hanya diproduksi dalam jumlah kecil oleh mikroba tetapi karena kita ketahui bahwa produk itu sangat penting maka dapat dioptimalkan proses produksinya sehingga kita mendapatkan kapasitas produksi yang sangat besar sesuai dengan yang diinginkan. Dalam hal ini proses yang digunakan adalah transformasi substansi selama fermentasi berlangsung.

Penemuan penisilin merangsang penemuan antibiotik lainnya. Nama-nama seperti Walksmann, Schutzt Abraham dan Chain Umezawa dan banyak lagi yang lainnya telah bergabung dengan penemuan penemuannya. Beberapa metabolit sekunder diketahui pula dapat diproduksi oleh mikroorganisme misalnya Vitamin B12 dan Hormon Giberellin, senyawa alkaloid (*kortikosteroid*) dan juga hormon penggalang terjadinya ovulasi atau obat KB bagi wanita (menghambat atau malah meniadakan proses ovulasi pada wanita). Hal ini telah dikembangkan secara ekonomis menggunakan kemampuan mikroorganisme dan mentransformasikan substansinya. Fase pengembangan produk masih terus berlanjut. Proses-proses yang menggunakan teknik operasi biokimiawi sebenarnya tidak mudah oleh karena itu produk itu menjadi lebih mahal.

Saat ini proses mutasi dan seleksi kemampuan sintesa penisilin oleh mikroba dapat ditingkatkan sehingga dapat dicapai produktivitas yang tinggi. Pemahaman teori ini tidak hanya untuk produksi penisilin maupun antibiotika lainnya tetapi juga untuk produksi hasil fermentasi dari mikroba lain yang memang secara ekonomi harga produk tersebut sampai sekarang masih relatif mahal.

#### **D. ZAMAN SESUDAH ANTIBIOTIKA**

Pada masa antara 1960-1973 masa lompatan yang sangat berarti bagi bioteknologi dengan keberhasilan diproduksinya enzim yang berasal dari mikroorganisme, misalnya enzim untuk mencuci baju, dan juga ditemukannya enzim glukosa isomerase yang mempunyai peranan sangat penting dalam perubahan glukosa menjadi gula fruktosa, atau dapat diimplementasikan dalam pembuatan gula yang berbahan baku pati. Sebenarnya hal ini ditunjang pula oleh penemuan struktur DNA oleh Watson and Crick yang dengan penjelasan struktur DNA itu secara kimiawi mengakibatkan fragmen DNA dapat dipotong atau disambung dengan fragmen lain. Hal ini dipermudah dengan ditemukannya enzim restriksi (kemampuan memotong DNA) dan enzim ligase (menyambung kembali potongan DNA itu menjadi utuh kembali).

Penemuan enzim telah mengarahkan pada perkembangan proses immobilisasi enzim dan juga mikrobiologi terutama pengetahuan kita tentang biosintesis dari sejumlah substansi penting dan pengaturan biosintesis senyawa ini telah mengarahkan pada pembuatan metabolit primer maupun sekunder. Beberapa hasil dalam bidang biologi molekuler telah diaplikasikan dalam bioteknologi misalnya rekayasa genetika. Penemuan pada biokimia teknik telah mengarahkan pada penemuan reaktor reaktor baru, optimasi proses pada reaktor yang tua maupun yang baru dan perbaikan dari pengukuran dan teknik pengontrolan dan akhirnya pada keadaan dari beberapa proses yang dikontrol dengan komputer.

## E. ZAMAN BIOTEKNOLOGI BARU

Perkembangan yang terbaru adalah rekayasa genetika dengan demikian memungkinkan terbukanya sifat sifat baik yang dapat dicangkokkan pada individu baru melalui gen. Pada awalnya keberhasilan bidang bioteknologi kesehatan ditandai dengan keberhasilan memproduksi obat obatan, dan juga pengembangan metode diagnostik yang baru. Keberhasilan yang paling populer pada waktu itu adalah insulin manusia yang sekarang dapat diproduksi dari mikroba. Pengembangan rekayasa genetika ini tidak terbatas disini saja, tapi juga pemanfaatannya untuk bidang pangan misalnya tanaman transgenik, pengembangan besar besaran kultur jaringan tanaman sehingga dapat diperoleh tanaman yang seragam dalam jumlah besar dan waktu yang singkat. Untuk ternak kemajuan ini secara tidak langsung mempengaruhi produktivitas ternak. Karena dengan penggunaan vaksin yang baik dan juga pakan yang diatur gizinya, dapat meningkatkan produktivitasnya ternak, yang pada gilirannya menguntungkan manusia. Biofertilizer, biofuel, bioremediasi, bacteriophage kemasan untuk menurunkan cemaran *Listeria* pada keju "LISTEX", biopigmen, dan bio surfaktan.

Oleh karena itu mestinya kemajuan bioteknologi saat ini sangat mensejahterakan umat manusia, seperti halnya definisi menurut Federasi Bioteknologi Eropa (*Europe Biotechnology Federation*) yang telah dipaparkan di atas. Tabel 1.2 Tabel 1.3 Tabel 1.4 mrrmaparkan urutan sejarah perkembangan bioteknologi berdasarkan urutan Tahun.

Tabel 1.2  
Data-data Penting dari Sejarah Perkembangan Bioteknologi

Waktu	Peristiwa yang terjadi
Sebelum- 3000 th SM	Pengasaman roti sebagai cara menggunakan adonan sebelumnya, minuman yang beralkohol dengan cara fermentasi jus buah, demikian juga pembuatan asam cuka dari jus buah.
3000 th SM	Pembuatan bir oleh bangsa Summeria, Babilonia, Assyria dan Mesir
Mulai 1500 SM	Produksi Wine

Waktu	Peristiwa yang terjadi
Pra dan Post Masehi	Produksi Bir oleh bangsa Celtic dan Jerman
Tahun 1200	Mendapatkan wine dengan cara destilasi
Tahun 1400	Industri asam cuka dengan metode Orleans (Perancis Selatan)
Tahun 1600	Produksi wine dari tepung tepungan
Tahun 1680	Penemuan sel sel khamir oleh Van Leuweenhoek
Tahun 1818	Penemuan sifat sifat Khamir yang terlibat dalam proses fermentasi
Tahun 1857	Pasteur menuliskan tentang fermentasi asam laktat.
Tahun 1879	Penemuan bakteri asam cuka oleh Hansen
Tahun 1890	Produksi krim asam dengan penambahan bakteri asam laktat.
Tahun 1900 an	Penemuan Biofertilizer, biofuel, bioremediasi, bacteriophage kemasan untuk menurunkan cemaran <i>Listeria</i> pada keju "LISTEX", biopigmen, dan biosurfaktan.

Sumber: Prave (1994), Ruttlof (1991), BMELF (1989), BMELF (1996)

Dalam Tabel 1.2 tersebut di atas berisi urutan semua aktivitas dari era pra Pasteur sampai era Louis Pasteur menemukan konsep pasteurisasi. Dengan demikian semua aktivitas sebelum era Pasteur diketahui bahwa proses bioteknologi yang dilakukan oleh aktivitas manusia waktu itu belum mengenal adanya pasteurisasi. Namun sebenarnya mereka telah melakukan proses yang dapat dikenal sebagai proses seleksi untuk mempertahankan kualitas produk agar proses yang diinginkan dapat terjadi. Bahkan destilasi untuk memperoleh wine telah dilakukan pada tahun 1200 oleh masyarakat. Namun proses produksi wine belum optimal, karena proses pasteurisasi belum dikenal secara prinsip. Namun kehadiran alkohol dalam sistem menjadi faktor pengendali pada mikroba asing yang akan mengkontaminasi proses bioteknologi yang berlangsung.

Tabel 1.3  
Data-data Penting Sejarah Perkembangan Bioteknologi saat Implementasi  
Pasteurisasi sampai Era Penemuan Antibiotika

Waktu	Peristiwa yang terjadi
Tahun 1897	Pembuktian adanya enzim fermentasi dalam khamir oleh Buchner
Akhir abad 19	Pengolahan air buangan Rumah Tangga di Berlin, Paris, Hamburg, dan Munich dan kota kota besar lainnya,
Tahun 1915	Proses awal ragi roti
Tahun 1915/1916	Proses produksi butanol dan aceton dalam proses fermentasi
Tahun 1928	Penemuan Penisilin oleh Alexander Flemming

Waktu	Peristiwa yang terjadi
Tahun 1941/1944	Mulai Produksi Penisilin secara industri
Muli Tahun 1944	Ditemukan beberapa antibiotika
Tahun 1949	Ditemukannya metode fermentasi terendam untuk asam cuka
Kira kira awal 1949	Produksi vitamin B12 oleh mikroba
Sejak tahun 1949	Produksi senyawa senyawa organik dari mikroba dengan skala industri yang relatif besar

Sumber: Prave (1994), Ruttlof (1991), BMELF (1989), BMELF (1996)

Pada Tabel 1.3 di atas menggambarkan semua kegiatan era Pasteur dan era antibiotik. Dengan demikian semua produk yang dihasilkan sudah menerapkan prinsip sterilitas (kurang pas) karena sterilisasi dan pasteurisasi dua hal yang berbeda. Pasteurisasi adalah proses pemanasan pada suhu tertentu dengan selang waktu tertentu untuk mematikan bakteri bakteri patogen. Sedangkan sterilisasi adalah proses pemanasan pada suhu 121°C dengan tekanan 1 sampai 2 Atm selama minimal 15 menit dengan tujuan untuk memusnahkan semua mikroba yang ada dalam bahan. Walaupun sudah dilakukan proses pasteurisasi ternyata Alexander Flemming dalam medianya ditemukan mikroba lain yang seharusnya tidak tumbuh pada media itu. Dengan adanya kontaminasi pada proses yang dilakukan memunculkan adanya prinsip kontaminasi (tumbuhnya mikroba lain yang tidak diinginkan dalam proses sehingga mengganggu mikroba utama yang ditumbuhkan dalam media tersebut. Pada era ini, keterlibatan mikroba asing memberikan hasil yang berbeda dengan yang diharapkan. Pada proses ini senyawa antibiotik yang diproduksi oleh kontaminan yaitu kapang mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Setelah perkembangan itu muncul industri antibiotik skala industri yang memicu penemuan penemuan baru tentang fermentasi asam cuka secara fermentasi terendam, dan juga produksi vitamin B12 oleh mikroba. Dengan demikian penghasil senyawa antibakteri tidak hanya pada kapang tapi juga pada bakteri itu sendiri, dan bahkan telah diketahui bakteri mampu memproduksi vitamin yang bermanfaat bagi manusia

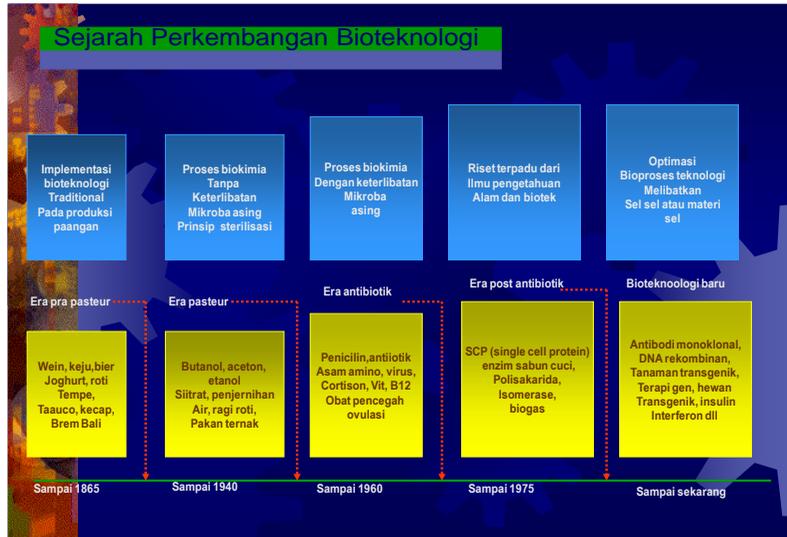
Tabel 1.4  
Data-data Penting Sejarah Perkembangan Bioteknologi Era Post Antibiotik sampai Bioteknologi Modern

Waktu	Peristiwa yang terjadi
Tahun 1953	Ditemukannya DNA strukturnya secara rinci oleh Watson and Crick
Sejak 1958	Produksi asam glutamat dan asam amino yang lain oleh bakteri
Mulai 1960	Penggunaan enzim untuk sabun cuci dalam skala industri
Mulai tahun 1965	Produksi enzim rennin dari mikroba

Waktu	Peristiwa yang terjadi
Tahun 1966	Kode-kode genetis sudah secara penuh dipahami
Tahun 1972	Produksi awal molekul DNA rekombinan
Tahun 1975	Pertama kali ditemukan antibody monoclonal di laboratorium
Sejak 1975	Penggunaan secara teknis immobilisasi enzim
Mulai tahun 1977	Sintesa hormone-hormon tertentu dalam sel <i>Escherichia coli</i>
Mulai tahun 1982	Insulin manusia diproduksi di sel <i>Escherichia coli</i> secara komersial
Tahun 1985	Lebih kurang 10.000 enzim yang ditaksir berasal dari benda hidup telah dikenal sebanyak 2500 buah
Tahun 1986	Mendapatkan vaksin hepatitis dari khamir dan hormone pertumbuhan dari <i>Escherichia coli</i>
Tahun 1987	Activator jaringan plasminogen (penyakit jantung) berasal dari sel-sel anak
Tahun 1989	Erythropoietin dari sel-sel induk (penyakit anemi)
Sejak 1990/1992	Gamma interferon faktor nekrose tumor dan interlukine ditemukan

Sumber: Prave (1994), Ruttlof (1991), BMELF (1989), BMELF (1996)

Pada tabel 1.4 disajikan beberapa aktivitas yang dimulai dengan ditemukannya struktur DNA oleh Watson dan Crick mengawali terkuaknya kode rahasia genetis yang dapat dijelaskan secara rinci. Dilanjutkan dengan penggunaan enzim dalam produk sabun cuci dalam skala industri, kemudian setelah difahami kode kode genetis secara detail maka banyak dikembangkan produk produk bioteknologis berbasis pada kemampuan sel yang didasarkan pada kode genetis yang dikendalikan oleh faktor DNA sel. Dengan demikian ditemukannya juga enzim protease dari mikroba, enzim ini dapat menggantikan fungsi enzim renin pada saat pengolahan keju. Lebih lanjut dengan ditemukannya kode genetis maka diproduksi DNA rekombinan. Pemanfaatan DNA rekombinan itu mulai pembentukan antibody monoklonal, yang dilanjutkan dengan kemajuan rekayasa genetika insulin yang dapat di produksi dengan memanfaatkan *Escherichia coli*. Kode genetis dari sel sel pankreas di insersikan ke dalam plasmid dengan menggunakan enzim restriksi dan enzim ligase untuk menyambung kembali. Plasmid kemudian dimasukkan kedalam sel *Escherichia coli*. Pada saat pembelahan sel plasmid juga mengalami pembelahan dengan menginstruksikan sel *Escherichia coli* untuk mensintesis insulin. Inilah kemajuan yang luar biasa waktu itu untuk mengatasi penyakit diabetes. Untuk memperjelas Sejarah perkembangan boteknologi dapat juga digambarkan menggunakan diagram berikut:



Gambar 1.4  
Sejarah Perkembangan Bioteknologi dari Era Pra Pasteur sampai dengan Era Bioteknologi Modern

Produk-produk terbaru bioteknologi telah semakin meluas termasuk kedalamnya kultur jaringan (tanaman seragam), biopigmen, bayi tabung, domba dolly, tanaman kebal hama, tanaman yang mampu memfiksasi Nitrogen, vaksin malaria, interferon, terapi genetik. Dari diagram pada Gambar 1.4 dapat diketahui secara berturut-turut sejarah perkembangan bioteknologi secara mudah. Hal ini karena tiap tahapan atau tiap zaman disampaikan juga prinsip biokimiawi yang membedakan antara satu era ke era yang lain. Lebih lanjut sudah dilengkapi dengan contoh-contoh produknya yang memanfaatkan prinsip yang dianut saat itu. Misalnya saat era Pasteur telah dilakukan pasteurisasi sehingga telah diproduksi butanol, aseton, asam sitrat semuanya berbasis mikroba. Artinya media yang dimanfaatkan disterilkan dulu kemudian baru diinokulasikan dengan kultur murni.

Jika proses produksinya aseptis maka produk yang dihasilkan sudah dapat diprediksi sebelumnya. Hal ini tidak akan terjadi karena jika ada kontaminasi, seperti era penemuan antibiotik. Selanjutnya era-era yang lain dapat ditelusuri dari diagram atau Gambar 1.4 tersebut.



## Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Sebutkanlah lima era sejarah perkembangan bioteknologi!

- 2) Jelaskan kenapa implementasi bioteknologi sudah dikenal sejak zaman dulu kala bahkan sebelum ditemukan prinsip pasteurisasi? Adakah bukti yang mendukung pernyataan tersebut. Jelaskan!
- 3) Walaupun sudah ditemukan prinsip sterilisasi atau lebih tepatnya pasteurisasi namun saat peneliti menanam bakteri tertentu yaitu *Staphylococcus* ternyata tumbuh organisme lain yaitu kapang yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Coba jelaskan apa yang dilakukan peneliti itu sesudahnya.
- 4) Tonggak baru penemuan struktur DNA membawa perubahan yang sangat signifikan dalam sejarah perkembangan bioteknologi. Dapatkah Anda menyebutkan produk produk bioteknologi apa saja yang dikembangkan manusia saat itu. Sebutkan secara berturutan.
- 5) Apakah perbedaan prinsip era Pasteur dengan era pra pasteur? Jelaskan!

#### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Untuk dapat menjawab soal soal latihan di atas, Anda harus mempelajari kembali Kegiatan belajar 2 mengenai Sejarah Perkembangan Bioteknologi.



#### Rangkuman

Sejarah perkembangan Bioteknologi sudah dimulai sejak peradaban manusia yaitu zaman peradaban kuno tahun 2000 SM di Assyria telah ditemukan wine. Produksi wine ini ditemukan juga di Zaman Romawi dan Yunani kuno maupun zaman mesir kuno. Bahkan raja raja waktu itu telah menghadiahkan wine sebagai hadiah minuman kerajaan. Pernyataan ini dibuktikan dengan banyaknya artifak peninggalan masyarakat di daerah Babilonia. Berkembangnya wine karena dalam permukaan buah anggur ditemukan organisme perombak gula anggur menjadi alkohol yang sekarang dikenal dengan *Saccharomyces cerevisiae*. Dengan berkembangnya wine itu maka raja Romawi Marcus Auculius, Probus, mempromosikan pertumbuhan Anggur atau bahan baku wine di Jerman pada daerah sekitar Moselle dan Rhine (lebih kurang terjadi pada tahun 276 sampai 282 Masehi) Pertumbuhan wine ini dikembangkan dari Eropa sampai Amerika Latin khususnya di Chile Argentina dan Brazilia dan bahkan sampai ke Amerika Utara juga di daerah California

Disamping wine berkembang juga bir yang berbahan baku sereal, bahkan bermacam macam bir telah dikembangkan, ada bir yang agak masam, dimungkinkan karena pengaruh bakteri asam laktat yang mengkonversi gula menjadi asam laktat. Perkembangan bir menjadi sangat pesat bahkan di daerah Summeria bir dapat dibuat dengan menggunakan *tablet monument blue* yang disimpan dalam bejana yang sebenarnya dipastikan adalah kumpulan mikroorganisme yang mampu merombak gula pada serelia menjadi alkohol. Dengan proses yang konvensional ini kualitas hasilnya bervariasi belum dapat dipastikan, sehingga muncul variasi bir yang asam atau yang berasa lain. Munculnya rasa asam dan juga kandungan alkohol pada bir dapat berfungsi sebagai faktor pengendali mikroba patogen yang tidak diinginkan. Jadi walaupun

mereka tidak faham dengan prinsip pasteurisasi karena produknya menghasilkan zat sebagai pengendali mikroba patogen maka produknya aman dari kontaminasi.

Era Pasteur ditandai dengan ditemukannya prinsip sterilitas atau pasteurisasi oleh Louis Pasteur, yang berkontribusi sangat penting untuk menghasilkan banyak produk yang memang membutuhkan proses bioteknologis yang aseptis (bebas mikroba). Keadaan ini memicu munculnya industri asam sitrat dengan cara bioteknologis. Sejalan dengan itu muncul penemuan Alexander Flemming yang menanam *Staphylococcus* namun yang tumbuh organisme lain yaitu kapang yang menghasilkan cairan yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Kapang dalam hal ini disebut sebagai kontaminan. Dengan demikian era antibiotik ditandai dengan munculnya zat penghambat pertumbuhan bakteri, diikuti dengan pengetahuan bahwa vitamin B12, hormon kortikosteroid hormon giberellin dapat diproduksi oleh mikroba. Pengkajian dengan teknik optimasi proses produksi dikembangkan di era ini.

Lebih lanjut era post antibiotik yaitu pada masa antara 1960-1973 adalah lompatan yang sangat berarti bagi bioteknologi dengan keberhasilan diproduksinya enzim yang berasal dari mikroorganisme, misalnya enzim untuk mencuci baju, dan juga ditemukannya enzim glukosa isomerase yang mempunyai peranan sangat penting dalam perubahan pada glukosa menjadi gula fruktosa, atau dapat diimplementasikan dalam pembuatan gula yang berbahan baku pati. Sebenarnya hal ini ditunjang pula oleh penemuan struktur DNA oleh Watson and Crick yang dengan penjelasan struktur DNA itu secara kimiawi mengakibatkan fragmen DNA dapat dipotong atau disambung dengan fragmen lain. Di era ini banyak kemajuan ilmu pengetahuan dengan dipelajarinya immobilisasi enzim dan produksi dengan bantuan enzim

Perkembangan yang terbaru adalah rekayasa genetika dengan demikian memungkinkan terbukanya sifat-sifat baik yang dapat dicloning pada individu baru melalui gen. Pada awalnya keberhasilan bidang bioteknologi kesehatan yaitu keberhasilannya memproduksi obat-obatan, dan juga pengembangan metode diagnostik yang baru. Penemuan paling populer pada waktu itu adalah insulin manusia yang sekarang dapat diproduksi dari mikroba. Pengembangan rekayasa genetika ini tidak terbatas disini saja, tapi juga pemanfaatannya untuk bidang pangan misalnya tanaman transgenik, pengembangan besar-besaran kultur jaringan tanaman sehingga dapat diperoleh tanaman seragam dalam jumlah besar dan waktu yang singkat. Akhir kemajuan rekayasa genetik pada yeast untuk memproduksi wine ataupun roti dengan kualitas yang diinginkan telah dikembangkan di Eropa. Disamping itu produksi enzim pengganti enzim renin telah dikembangkan secara industrial.



## Tes Formatif 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Bukti bahwa implementasi bioteknologi sudah sejak zaman dulu dilakukan adalah sebagai berikut, *kecuali* ....
  - A. ditemukan artefak-artefak yang menggambarkan pembuatan wine
  - B. ditemukannya *tablet monument blue* yang berfungsi untuk membuat bir

- C. bir diproduksi dengan variasi yang beraneka macam rasa di Jerman pada 2000 SM
- D. 276 sampai dengan 286 SM di Jerman telah berkembang tanaman anggur sebagai bahan baku *wine*
- 2) Walaupun produk bioteknologi yang diproduksi pada era pra Pasteur tidak mengenal pasteurisasi namun produknya aman untuk dikonsumsi hal ini disebabkan ....
- A. hasilnya berupa senyawa alkohol yang mampu mengendalikan bakteri asing lainnya
- B. hasilnya kadang kadang senyawa asam yang mempengaruhi pH produk dan ini sebagai pengendali mikroba patogen
- C. jawaban A dan B benar adanya
- D. hanya jawaban A yang benar
- 3) Prinsip pasteurisasi menstimulasi beberapa industri yang terkenal saat itu untuk memproduksi senyawa yang dibutuhkan masyarakat, sehingga merubah sikap petani buah lemon. Produksi yang dimaksud adalah ....
- A. asam sitrat
- B. asam laktat
- C. asam cuka
- D. asam organik lainnya
- 4) Penemuan Alexander Flemming tentang senyawa antibiotik yang dihasilkan oleh kapang memberikan pengertian baru tentang istilah ....
- A. sterilisasi
- B. pasteurisasi
- C. kontaminasi
- D. aseptis
- 5) Era bioteknologi modern ditandai dengan hal hal berikut, *kecuali* ....
- A. ditemukannya struktur DNA oleh Watson dan Crick
- B. difahaminya kode kode genetis
- C. munculnya pemotongan gen dan penyisipan gen gen asing yang diinginkan
- D. proses produksi vitamin B12 oleh mikroba
- 6) Yang mengembangkan pembiakan kultur murni bakteri adalah ....
- A. Robert Koch
- B. Louis Pasteur

- C. Alexander Flemming  
D. Schutzt Abraham dan Chain Umezawa
- 7) Senyawa yang difahami pada saat era antibiotik adalah senyawa berikut, *kecuali* ....
- A. proses produksi vitamin B12  
B. proses pembuatan corticosteroid  
C. proses pembuatan hormon giberelin  
D. proses produksi yoghurt
- 8) Kultur jaringan yang mampu mengembangkan bibit pertanian penghasil bahan pangan misalnya padi yang mengandung karotenoid yang tinggi sangat menguntungkan masyarakat hal ini ....
- A. dapat dilakukan dengan kemajuan rekayasa genetika  
B. dapat terjadi karena ada penemuan struktur DNA  
C. diketahuinya susunan DNA bakteri  
D. kode genetik difahami

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.



Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 3. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

# Implementasi Bioteknologi Konvensional dan Modern dalam Bidang Pangan

Memperhatikan produk yoghurt yang sekarang beredar sebenarnya sudah banyak mengalami perubahan, jika dibandingkan dengan produk yoghurt yang diproduksi puluhan tahun lalu. Seperti pada produk wine dan bir yang sejalan dengan kemajuan teknologi pengemasan dan bioteknologi, perkembangan produksinya dapat menghasilkan *wine* dengan kadar alkohol yang diinginkan atau dikendalikan. Demikian juga dengan produk roti yang berbahan baku tepung gandum telah berkembang pesat dalam pengolahan dan ragam variasi produknya yang tidak saja menjadi konsumsi masyarakat Eropa, Amerika, Australia dan sebagian Afrika, bahkan saat ini sudah membudaya di Indonesia khususnya di kota-kota besar. Hal ini terkait pola hidup dan sisi praktis dalam penyediaan dan asupan makanan sehari-hari.

## A. IMPLEMENTASI BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL

Secara prinsip pembuatan roti, pembuatan keju, pembuatan yoghurt, pembuatan bir, pembuatan *wine*, pembuatan sosis, pembuatan butter, pembuatan sauerkraut (asinan sayuran berbasis dari tanaman Kol/kubis yang dalam bahasa latin disebut sebagai *Brassica oleracea*, pembuatan *pickle* yaitu acar ketimun (*Cucumis sativus*) kalau di negara Barat acar ketimun ini dalam bentuk utuh atau paling tidak dibelah menjadi beberapa bagian, dari zaman dulu sampai sekarang bentuknya sama. Perbedaan yang ada adalah saat ini dilengkapi dengan kaidah kaidah *Good manufacturing practice* (GMP) yang dalam bahasa Indonesia diterjemahkan menjadi Cara Produksi Pangan yang Baik (CPPB). Disamping itu produk pangan berbasis bioteknologi konvensional tentu saja hanya mengandalkan proses alamiah yang terjadi saat fermentasi berlangsung. Pengontrolan dilakukan sebatas terjaminnya perubahan bahan pangan menjadi produk yang diinginkan tanpa adanya infiltrasi proses yang berlebihan. Dengan demikian proses yang terjadi sangat baku/standart yaitu persiapan bahan baku kemudian penambahan mikroorganisme dan dibiarkan alamiah melakukan proses fermentasi sehingga dihasilkan produk. Pengontrolan faktor proses pun nampaknya tidak menjadi hal penting. Mereka hanya melakukan secara turun temurun proses baku yang diwarisi dari generasi sebelumnya agar dihasilkan produk yang layak untuk dikonsumsi.

Dengan demikian *Bioteknologi konvensional* dapat didefinisikan sebagai bioteknologi sederhana yang telah lama digunakan secara turun temurun dengan memanfaatkan mikroorganisme secara alami tanpa adanya rekayasa genetika, dan mikroba tersebut berfungsi sebagai agen biologis untuk mengkonversi bahan baku menghasilkan produk jadi dengan nilai tambah yang lebih baik misalnya zat gizinya, sifat sifat fungsionalnya, sifat sifat organoleptiknya dan daya awetnya. Masyarakat waktu itu melakukannya memang untuk menjadikan bahan pangan yang sudah diolah itu menjadi lebih awet, meningkatkan cita rasa dan mampu memberikan nilai ekonomis yang lebih baik. Berdasarkan penjelasan itu maka dapat disampaikan bahwa ciri ciri bioteknologi konvensional yang diterapkan masyarakat pada produk pangan mempunyai ciri ciri sebagai berikut.

1. Menggunakan proses turun temurun dan sudah sejak lama diterapkan di masyarakat
2. Memanfaatkan Mikroba sebagai agen biologis tanpa menggunakan rekayasa genetika jadi proses terjadi secara alamiah
3. Proses ini menggunakan biaya yang relatif murah
4. Peralatan yang digunakan sederhana, yang saat ini produk bioteknologi konvensional telah diolah secara higienis sehingga sudah terjamin kualitasnya
5. Zaman dulu kualitas produk masih heterogen, saat ini kualitas produk akhir dapat dipertahankan karena sudah mengikuti kaidah CPPB (Cara Produksi Pangan yang Baik) dalam proses produksinya

Produk-produk pangan hasil proses bioteknologi konvensional dari negara Asia yang paling populer adalah tempe, oncom, tauco, kecap, tape, asinan sayur, asinan buah, terasi, petis, dangke, dadih dan produk produk lain yang khas yang ada di masing masing daerah di Indonesia. Secara teknis produk produk tersebut di atas diolah dengan cara yang sederhana menggunakan teknologi konvensional. Walaupun menggunakan teknologi konvensional produk tersebut, jika diproduksi dan dipasarkan ke masyarakat luas sudah disyaratkan mengikuti kaidah Cara Produksi Pangan yang Baik. Dengan demikian akan memperoleh ijin produksi *Pangan Industri Rumah Tangga* (P-IRT) dari Kementerian Perindustrian dengan nomor yang telah disediakan. Ijin ini diberikan untuk diperdagangkan secara lokal. Ijin ini diberikan kepada produsen pangan olahan dengan tingkat resiko yang rendah yang mengacu kepada Peraturan Pemerintah RI Nomor 28 Tahun 2004 tentang keamanan Mutu dan Gizi Pangan dan juga keputusan Badan Pengawasan Obat dan Makanan RI dengan nomor HK 00.05.5.1640.

Produk produk yang memanfaatkan bioteknologi konvensional tersebut di masyarakat kita saat ini dikelompokkan berdasarkan bahan baku nya misalnya produk olahan yang berbahan kacang kacangan, berbahan baku singkong/beras, berbahan baku sayur/buah dan berbahan baku susu dan berbahan baku produk perikanan. Untuk lebih lengkapnya penjelasan tentang produk bioteknologi konvensional disajikan dalam Tabel 1.5.

Tabel 1.5  
Contoh Produk Hasil Aplikasi Bioteknologi Konvensional pada Biji-bijian dan  
Umbi-umbian

Nama Produk	Keterangan
1. Tempe	Tempe berbahan baku kacang kacangan khususnya kedelai, dengan menggunakan agen biologis mikroorganisme yang terdiri atas kultur campuran biasanya <i>Rhizopus microsporus</i> var <i>oligosporus</i> , <i>Rhizopus oryzae</i> . Mikroba kapang ini dengan menggunakan enzim yang dimilikinya baik amylase protease dan lipase mampu mengkonversi biji kedelai yang sudah diproses sebelumnya menjadi senyawa sederhana dalam hal ini peptida asam amino, asam lemak dan senyawa asam organik. Produk Tempe semula belum menyatu dengan adanya jalinan miselium kapang terbentuklah cake yang kompak menjadi tempe yang siap dikonsumsi.
2. Tape	Tape adalah produk fermentasi berbahan baku singkong/kaya akan karbohidrat yang sudah dikukus, beras ketan yang sudah dikukus yang diinokulasi dengan ragi tape sebagai agen biologisnya yang terdiri atas <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan juga mikroba lainnya biasanya kapang kapang lain yang bisa bersinergi dengan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan akan mengkonversi karbohidrat yang ada menjadi disakarida, monosakarida bahkan sampai terbentuknya etanol dan jika berkelanjutan menjadi asam organik yang menyebabkan tape rasa masam.
3. Oncom	Oncom adalah produk fermentasi berbahan baku ampas tahu atau ampas kacang yang sudah diambil minyaknya, dengan menggunakan agen biologis mikroorganisme yang biasanya digunakan ada dua macam yaitu <i>Monilia sitophila</i> untuk menghasilkan oncom kuning dan <i>Rhizopus sp</i> untuk menghasilkan oncom hitam. Dengan kemampuan enzimatik yang dihasilkan mikroba mampu mendegradasi senyawa kompleks dalam bahan baku menjadi substansi yang lebih sederhana dan mudah dicerna oleh tubuh. Penggunaan oncom ini untuk dimasak menjadi berbagai jenis lauk pauk di Indonesia
4. Tauco	Tauco adalah produk fermentasi berbahan baku kedelai dengan menggunakan agen biologis mikroorganisme yang lazimnya terdiri atas <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Rhizopus oryzae</i> dan <i>Rhizopus microsporus</i> var <i>oligosporus</i> . Pada tahap kedua setelah terfermentasi dengan kapang dilanjutkan dengan perendaman menggunakan garam maka mikroorganisme yang tumbuh

Nama Produk	Keterangan
	lazimnya adalah Bakteri asam laktat <i>Lactobacillus delbrueckii</i> , <i>Hansenula sp</i> dan <i>Zygosaccharomyces</i> . Produk ini banyak dikembangkan di Jawa barat dan konsumennya selain di Jawa Barat juga DKI dan sekitarnya
5. Kecap	Kecap adalah produk fermentasi berbahan baku kedelai hitam dengan menggunakan agen biologis mikroorganisme kapang lazimnya <i>Aspergillus oryzae</i> dan <i>Aspergillus wentii</i> pada tahap pertama dan dilanjutkan dengan fermentasi menggunakan garam, kemudian direbus saat dipress diambil filtratnya. Filtrat ini diolah lebih lanjut menggunakan tambahan gula merah jika kecap manis dan dengan tambahan garam jika kecap asin. Saat pengolahannya ditambahkan bumbu bumbu yang biasa digunakan oleh orang Indonesia.
6. Tepung mocaf	Tepung mocaf merupakan bioteknologi terbaru yaitu pati terfermentasi. Bahan baku tepung mocaf dapat berasal dari biji-bijian maupun umbi-umbian. Namun yang umum digunakan sebagai bahan baku adalah umbi singkong yang produksinya cukup banyak, mudah didapat serta harganya yang murah.

Jika diperhatikan maka 4 produk yang di atas dalam Tabel 1.5, dikonsumsi secara langsung baik bahan baku dan mikroorganisme yang ada dalam bahan tersebut, sehingga biomasa yang ada dalam bahan baku ikut dikonsumsi. Berbeda halnya dengan produk yang terakhir yang nomor 5 bahan baku yang sudah terfermentasi oleh kapang pada fermentasi tahap pertama, kemudian lanjut pada tahap kedua fermentasi dilanjutkan dengan menggunakan garam dan memerlukan waktu lebih kurang 2-3 minggu dan tumbuhlah secara spontan bakteri asam laktat. Jika sudah memenuhi waktunya dipress dan disaring jadilah filtratnya. Filtrat ini baru diolah seperti biasa dengan gula dan tambahan bumbu yang diinginkan.

Untuk contoh implementasi bioteknologi konvensional produk Pangan berbasis susu misalnya yoghurt, keju dan butter disajikan dalam Tabel 1.6 berikut ini.

Tabel 1.6  
Contoh Produk Bioteknologi Konvensional pada Produk Pangan Berbasis Susu yang Banyak Berkembang di Negara Barat

Nama Produk	Keterangan
1. Yoghurt	Produk fermentasi berbahan baku susu yang sudah dipasteurisasi/lebih tepatnya dipanaskan pada suhu 95°C untuk menginaktifkan laktoglobulin dan laktalbumin dan setelah dingin diatur berat keringnya kemudian diinokulasi dengan

Nama Produk	Keterangan
2. Keju	<p>bakteri asam laktat yaitu <i>Lactobacillus bulgaricus</i> dan <i>Streptococcus thermophilus</i>. Setelah akhir fermentasi diperoleh produk berbentuk gel dengan rasa masam dan aromatis karena kaya akan flavour asetaldehide dan diacetyl, dengan kandungan asam laktat yang cukup</p> <p>Keju merupakan contoh penerapan bioteknologi konvensional yang dilakukan melalui metode pengawetan susu. Metode ini sudah dilakukan semenjak zaman Romawi dan Yunani kuno. Produk ini adalah produk fermentasi berbahan susu yang sudah diolah lebih dulu dan dengan bantuan agen biologis mikroorganisme yang bakteri asam laktat antara lain <i>Lactococcus lactis</i> ssp <i>diacetylactis</i>, <i>L lactis</i> ssp <i>lactis</i> dan <i>Leuconostoc mesenteroides</i> Keju dibuat dengan menambahkan bakteri asam laktat pada susu. Setelah difermentasi dengan mix culture tersebut ditambahkan enzim renin untuk menghidrolisis protein casein sehingga diperoleh dadih yang dapat dipisahkan dengan whey nya. Beberapa jenis bakteri asam laktat yang lainnya misalnya <i>Pripioni bacterium</i> (untuk keju keras), <i>Penicillium roqueforti</i> (untuk keju biru dengan aroma yang sangat aromatis karena banyak asam lemak yang berkontribusi pada flavour), dan <i>Penicillium camemberti</i> (untuk lunak).</p>
3. Butter	<p>Mentega contoh produk bioteknologi konvensional yang dihasilkan dari fermentasi krim susu menggunakan bakteri <i>Streptococcus lactis</i>. Bakteri ini dapat memisahkan tetesan mentega yang berlemak dengan cairan yang terkandung didalamnya</p>

Jika kita perhatikan Tabel 1.6 di atas ada produk yang dalam proses pembuatannya kompleks misalnya keju Camemberti dan keju Roqueforti kedua jenis keju ini menggunakan agen biologis dua macam yang pertama adalah bakteri asam laktat yang kedua adalah kapang *Penicillium camemberti* dan *Penicillium roqueforti*. Dengan demikian jika dibandingkan dengan keju yang lain memiliki rasa sangat spesifik karena enzim lipase yang dihasilkan kapang menghasilkan flavour yang sangat khas harum aromatis dan rasa yang kaya. Sedangkan untuk Yoghurt aroma yang muncul hasil kerja bakteri asam laktat saja. Untuk butter karena bahan bakunya adalah krim susu dengan kandungan lemak susu yang cukup tinggi flavour. Ada tiga jenis butter yang terbentuk berdasarkan pH yang dihasilkan setelah fermentasi selesai yaitu *Sweet Butter* jika pH butter yang ada antara 5,5 sampai dengan 6,0, atau *Mild sour butter* jika butter yang terbentuk memiliki pH antara 5-5,5, dan *sour butter* jika pH produk butter memiliki nilai pH  $4.5 \leq 5$ .

Tabel 1.7  
Contoh Produk Bioteknologi Konvensional yang Berbahan Baku Sayuran Disajikan dalam

Nama Produk	Keterangan
1. Sauerkrauet	Sauerkrauet adalah produk fermentasi berbahan baku sayuran Kol/kubis <i>Brassica oleracea</i> yang dipotong halus setelah pencucian kemudian di fermentasi dengan menggunakan garam untuk menumbuhkan bakteri asam laktat yang mampu alam kondisi aerobik, kemudian dilanjutkan dengan kondisi anaerob fakultatif untuk mmelihara bakteri asam laktat lainnya sehingga diperoleh saerkraut yang berasa asam dengan memiliki tekstur yang krispi. Biasanya proses fermentsinya memerlukan waktu yang relatif lama, namun jika sudah matang artinya proses fermentasinya selesai dapat disimpan dalam waktu yang lama. Mikrooganisme yang berperan sebagai agen biologis adalah <i>Lacobacillus casei</i> dan <i>Lactobacillus brevis</i> dan <i>Lactobacillus cremoris</i> , kadang dijupai juga <i>Lactobacillus plantarum</i> .
2. Pickle	Pickel adalah produk fermentasi berbahan baku buah mentimun ( <i>Cucumis sativus</i> ) yang menggunakan bakteri asam laktat <i>Lactobacillus plantarum</i> dan <i>Pediococcus cerevisiae</i> yang secara spontan ada dalam bahan pangan tersebut. Perendaman dengan larutan garam dengan konsentrasi yang minimal 6.5 percent sampai 15% sangat bergantung pada metode yang digunakan.
3. Asinan buah	Asinan buah adalah produk fermentasi spontan berbahan baku aneka buah buahan tropis misalnya mangga, buah salak, bengkoang, kedondong, pepaya dan nanas yang setelah dicuci bersih dan dipotong potong sesuai dengan selera direndam dalam larutan garam dan gula dilengkapi dengan bumbu cabe merah dan asam cuka. Perendaman dilakukan sampai potongan buah buahan itu menjadi produk asinan buah ditandai dengan telah meresapnya bumbu yang diberikan. Agen biologis yang berperanan dalam proses fermentasi spontan ini adalah bakteri asam laktat lazimnya <i>Lactobacillus plantarum</i> dan bakteri asam laktat lainnya. Sehubungan asinan buah, maka daging buah duren juga dapat difermentasi untuk dijadikan tempoyak yang telah diproduksi sejak lama oleh masyarakat di Sumatera.

Jika diperhatikan produk dalam Tabel 1.7 di atas maka produk nomor 1 dan 2 adalah lazim beredar di negara negara Barat , sedangkan yang nomor 3 banyak beredar di Indonesia khususnya di Jawa Barat atau di kota Bogor dan sekitarnya. Cara produksi

produk nomor 1 dan 2 secara prinsip hampir sama yaitu difermentasi dengan menggunakan larutan garam dan ada kalanya perlu penambahan gula dalam jumlah kecil, namun banyak produsen menyampaikan bahwa jika terjadi kesalahan dalam proses akan menimbulkan banyak gas yang menjadikan produk kurang baik. Oleh karena itu penambahan gula harus sangat hati-hati. Kalau memang tidak diperlukan tidak dianjurkan. Dalam pembuatan pickle berbahan baku mentimun di pasaran ada dua jenis produk yaitu :

1. Diproduksi dengan cara pengalengan tanpa fermentasi, disebut proses komersial
2. Diproduksi dengan cara yang lazim fermentasi melalui perendaman dengan garam dan bumbu-bumbu lainnya, disebut proses natural

Perbedaan keduanya dari komponennya saja sudah berbeda seperti yang disajikan dalam Tabel 1.8 berikut:

Tabel 1.8  
Perbedaan Komponen Pembuatan Pickle Komersial dan Pickle Natural melalui Fermentasi

Pickle dengan Proses komersial	Pickle dengan proses natural
Buah mentimun yang segar yang masih muda	Buah mentimun muda
Air	Air yang sudah disaring
Garam murni	Garam biasa
Vinegar biasanya cuka apel	Bawang putih
Kalsium chlorida	Lada hitam
Polisorbate 80	Cabe rawit
Flavour natural	Biji adas
Pewarna kuning yang diizinkan	Daun salam
	Daun Adas manis ( <i>Anethum graveolenz</i> )
	Kayu manis

Perbandingan antara pickle komersial dan pickle natural melalui proses fermentasi ada pada performance secara fisik dan tentu saja dari segi uji organoleptiknya. Dari segi keawetannya tentu saja pickle komersial lebih awet namun dari segi uji organoleptik lebih standard atau plain sedangkan untuk natural pickle relatif awet juga namun rasa aroma dan texture-nya sangat khas memiliki rasa segar aroma yang kaya akan rempah-rempah, dengan texture yang krispi. Dapat difahami untuk yang natural pickle lebih aromatis karena banyak bumbu-bumbu yang ditambahkan dalam proses pembuatannya. Rasa asam yang dihasilkan pada produk pickle natural berasal dari proses fermentasi yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat yang merupakan mikroflora yang ada pada bahan. Oleh karena itu proses pembuatan pickle natural ini relatif lebih lama dibandingkan dengan pickle komersial yang diproses dalam waktu singkat karena semua dilaksanakan secara aseptis.

## B. IMPLEMENTASI BIOTEKNOLOGI MODERN

Jika kita memperhatikan produk produk pangan yang beredar di pasaran sepertinya tidak mengalami perubahan substansinya namun kalau bentuk dan penampilannya pasti berbeda, yaitu lebih elegan, lebih cantik dalam penampilan dan tentu saja yang paling menonjol informasi yang tertera dalam kemasan produk tersebut lengkap. Disamping itu, tentunya dalam proses pengolahan juga berbeda, khususnya untuk produk pangan sekarang yang memanfaatkan jasa mikroorganisme yang dalam proses produksinya mengikuti kaidah Cara produksi Pangan yang Baik. Hal ini sangat dianjurkan karena produk sampai ke konsumen harus dijamin dalam kondisi baik utuh tidak cacat dan dijamin keamanannya. Oleh karena itu, teknologi kemasan berkembang sangat pesat untuk menjadikan produk pangan berbasis jasa mikroorganisme aman untuk dikonsumsi, bahkan terjamin juga kandungan substansi zat gizi yang tertera dalam materi kemasannya.

Jenis makanan yang memanfaatkan kemajuan bioteknologi mungkin dari dulu tidak banyak mengalami perubahan. Perubahan yang ada adalah bahan baku yang digunakan, bahan tambahan yang dimanfaatkan untuk menghasilkan produk yang lebih baik misalnya lebih lembut teksturnya, lebih gurih rasanya, lebih aromatis flavournya, dan lebih tinggi kandungan zat gizinya, bahkan lebih awet juga masa berlakunya. Disamping itu diinginkan juga makanan khusus untuk orang-orang spesifik misalnya lansia, balita-anak yang berkebutuhan khusus misalnya autisme dan lainnya. Hal ini sengaja diciptakan pihak industri untuk memenuhi tuntutan masyarakat modern yang lebih kompleks menginginkan produk pangan yang praktis, tampilan baik, aman untuk dikonsumsi, kandungan zat gizinya terpenuhi dan harga terjangkau.

Untuk menciptakan keinginan masyarakat modern yang seperti disebutkan di atas dapat dilakukan dengan memanfaatkan kemajuan di bidang bioteknologi. Misalnya sekarang sudah diproduksi susu pasteurisasi dan homogenisasi dengan kandungan laktosa yang rendah. Ini untuk mengantisipasi sebagian masyarakat yang memiliki sifat *lactosa intolerance*. *Lactosa intolerance* yaitu keadaan lambung yang tidak mampu mencerna laktosa sehingga setiap mengonsumsi susu akan mengalami diare, hal ini disebabkan laktosa tidak dapat dihidrolisis menjadi glukosa dan galaktosa. Seandainya dihidrolisis pun enzim laktase yang dihasilkan tubuhnya tidak mencukupinya. Oleh karena itu dengan kemajuan bioteknologi yaitu ditemukannya enzim laktase dari mikroba maka masyarakat kita khususnya pihak industri mampu memproduksi susu rendah laktosa. Demikian juga penggunaan enzim laktase ini tidak terbatas pada susu rendah laktosa namun ada produk roti cookies atau roti kering, ice cream dan juga sirup manis. Dengan demikian jenis makanannya tidak berbeda namun yang membedakan adalah substansi yang dikandungnya. Tabel 1.9 berikut adalah beberapa mikroba yang mampu memproduksi enzim laktase yang dimanfaatkan oleh industri Pangan.

Tabel 1.9  
Sumber Enzim Laktase Mikrobial dan Aplikasinya dalam Bahan Pangan

Sumber	pH Optimum	Suhu Optimum (°C)	Aplikasi
<i>Kluyveromyces lactis</i>	6.5	40-50	Whey hidrolisat, Pakan ternak
<i>Kluyveromyces fragilis</i>	6.7	34-45	Laktosa hidrolisat/food ingredient
<i>Aspergillus oryzae</i>	5.0	55	Susu rendah laktosa
<i>Bacillus spp</i>	6.5	60	Galakto-oligosakarida
<i>Lactobacillus acidophilus,</i> <i>Lactobacillus bulgaricus,</i> <i>Streptococcus thermophilus</i>		40-50	terimobilisasi sebagai growth factor pertumbuhan <i>Bifidobacterium bifidum.</i> pada yoghurt

Sumber: Hartmeir (1995)

Jika dilihat Tabel 1.9 di atas maka bahan pangan hasil kerja dari enzim yang dihasilkan mikroorganisme tidak dapat langsung dikonsumsi oleh manusia, namun dimanfaatkan sebagai bahan tambahan yang dimasukkan dalam proses pengolahan pangan untuk menghasilkan produk pangan seperti yang diinginkan. Jenis mikroorganisme yang dimanfaatkan pun bervariasi ada dari kelompok kapang ada juga dari kelompok bakteri. Masing masing enzim yang dihasilkannya juga berbeda beda sifatnya artinya kita tinggal memilih jenis enzim yang mana yang mampu menyesuaikan dengan temperatur proses pengolahan bahan pangan.

Sebagai contoh ada jenis enzim thermamyl ini adalah nama perdagangan/komersial sebenarnya enzim ini termasuk kelompok  $\alpha$  Amilase yang sangat stabil pada suhu tinggi yaitu pada suhu 95°C masih bertahan bahkan optimal untuk mengkonversi zat tepung menjadi glukosa pada saat proses pembuatan gula cair berbasis tepung. Enzim ini dihasilkan dari mikroba *Bacillus licheniformis*. Industri pangan yang memanfaatkan enzim  $\alpha$  amilase ini adalah industri gula, sirup, minuman, bahkan penggunaan enzim ini tidak hanya untuk bahan pangan namun juga untuk industri tekstil pada saat proses *desizing* dengan kecepatan tinggi dan suhu tinggi sebelum dilakukan pencelupan warna atau pewarnaan tekstil.

Produk produk pangan yang demikian ini yang **menggunakan jasa mikroorganisme yang telah direkayasa genetiknya** untuk menghasilkan produknya disebut sebagai produk bioteknologi modern. Dengan demikian semua produk pangan yang menggunakan bahan tambahan enzim atau flavour atau bahan tambahan stabilisator atau pengental yang berasal dari mikroorganisme yang telah direkayasa

genetiknya termasuk ke dalam produk bioteknologi modern, walaupun misalnya sama-sama bir atau keju. Karena bir yang diproduksi menggunakan yeast yang telah direkayasa genetiknya maka bir itu menjadi produk pangan dengan bioteknologi modern, atau keju yang diproses dengan enzim mikrobial pengganti renin. Mikrobanya telah direkayasa genetiknya maka keju yang demikian juga disebut sebagai keju dengan proses bioteknologi modern. Contoh yang nyata adanya kentang anti busuk, semangka tanpa biji, tomat yang lambat proses matangnya atau dapat dikatakan anti busuk. Tomat yang lambat proses matangnya disebabkan tomat tersebut telah disisipi gen yang mengkode anti proses hidrolisis pektin, dengan demikian pektin lama sekali terhidrolisis sehingga buah tomat tetap segar.

Contoh-contoh produk pangan yang memanfaatkan bioteknologi modern dapat disajikan dalam Tabel 1.10 berikut ini.

Tabel 1.10  
Penggunaan Rekayasa Genetika dalam Bidang Pangan

Diterapkan pada	Penggunaannya
Mikroba yang telah dimodifikasi secara genetis	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Fermentasi pangan (susu, daging, kultur mikroba ada salad)</li> <li>b) Proses produksi enzim dan juga bahan tambahan yang diintroduksi ke dalam makanan.</li> </ul>
Tanaman transgenik	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Tanaman yang resisten terhadap jamur-jamur tertentu, insekta, virus, dan bakteri</li> <li>b) Tanaman yang tolerans terhadap herbisida tertentu, tanaman yang toleran terhadap cuaca dingin, atau panas</li> <li>c) Tanaman yang mengalami perubahan komponen kimiawinya misalnya berubahnya struktur minyak karbohidrat dan proteinnya.</li> </ul>
Hewan transgenic	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Meningkatkan produksinya hewan tersebut</li> <li>b) Hewan yang resisten pada penyakit tertentu</li> <li>c) Hewan yang mampu mensintesa senyawa tertentu yang disebut sebagai <i>gen-pharming</i></li> </ul>
Bacteriophage	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Paten produk LISTEX untuk menghambat kontaminan <i>Listeria</i> pada keju</li> </ul>

Tabel 1.10 di atas menunjukkan bahwa saat ini telah banyak jenis bahan pangan rekayasa genetika pelan tapi pasti memasuki kehidupan manusia. Mulai produk klasik yang telah dimodifikasi kultur mikrobanya sampai bahan tambahan hasil mikroba yang telah direkayasa genetiknya, tanaman transgenik dan juga hewan transgenik yang sekarang sudah banyak beredar di masyarakat. Pemanfaatan enzim sekarang ini sudah tidak dapat dihindari. Karena dengan enzim semua proses menjadi lebih cepat, energi yang digunakan juga berkurang, mampu menghasilkan produk dalam jumlah besar,

kandungan zat gizi dapat dikendalikan. Membahas masalah perbandingan bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern dalam bahan pangan nampak perbedaannya jika membandingkan suatu untuk satu produk yang sama namun prosesnya berbeda. Dalam Tabel 1.11 berikut dipaparkan perbandingan dua metode yang berbeda untuk menghasilkan produk yang sama.

Tabel 1.11  
Produksi  $\alpha$ -Glukosidase dengan *Yeast* secara Konvensional dan secara Rekayasa Genetik/Modern

	Yeast Asli	Yeast Hasil Rekayasa Genetik
Kebutuhan Yeast	236 Ton	10 Ton
Air Kotor hasil proses	= 2000 ton	= 90 ton
<b>Produk Sampingan</b>		
Sampah Yeast	400 ton	12 ton
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )	1000 ton	25 ton
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	25 ton	0.5 ton
Gel alumunium	90 ton	-
Alat Bantu Filter	133 ton	5 ton
Sampah Padat	540 ton	18 ton
Sampah Cair	1.125 ton	25,5 ton
<b>Kabutuhan Energi Untuk</b>		
Penghilangan garam pada air	2.700 m <sup>3</sup>	50m <sup>3</sup>
Pembuatan es	52.000 m <sup>3</sup>	2.000 m <sup>3</sup>
Kebutuhan Listrik	44.000 m <sup>3</sup>	9.000 m <sup>3</sup>
Kebutuhan Uap	220 ton	50 ton
<b>Biaya untuk Enegi</b>	DM 154.400	DM 8.370

Sumber: Modifikasi dari *Boehringer Mannheim*

**Tujuan yang ingin dicapai:**

1. Mengetahui bahwa sejumlah besar enzim dan sejumlah bahan-bahan pembantu dalam proses pangan diproduksi secara bioteknologi.
2. Mengenal beberapa produk hasil rekayasa bioteknologi, digunakan secara langsung dalam pengolahan pangan.
3. Mengetahui bahwa rekayasa genetik telah mengalami kemajuan yang sangat pesat untuk mengoptimalkan proses produksi pangan.
4. Berkenalan dengan keamanan produk hasil rekayasa genetik.

### C. PROSES INDUSTRI UNTUK PRODUKSI FRUKTOSA GLUKOSA

Dari tabel 1.11 di atas dapat disimpulkan bahwa dengan rekayasa gentika dapat mengefisienkan proses mulai dari limbah cair yang dihasilkan jauh lebih sedikit, limbah padatnya jauh lebih sedikit penggunaan energi jauh lebih kecil, dengan demikian biaya produksi untuk menghasilkan jumlah produk yang sama jauh lebih murah jika menggunakan bioteknologi modern. Oleh karena itu penggunaan bioteknologi modern menjadi pilihan yang sangat tepat.

Proses bioteknologis yang mempunyai peranan yang sangat penting adalah pembuatan gula yang berbahan baku dari Polisakarida atau disingkat (PS). Polisakarida dikonversi secara enzimatis menjadi sirup glukosa dan sirup fruktosa. Oleh karena itu sebagai contoh proses bioteknologi industri pembuatan gula dari tepung ini dapat dipakai sebagai contoh yang memadai. Terutama di USA dimana jagung ditanam disebagian besar wilayahnya disamping gandum. Dengan demikian metoda bioteknologis ini berkembang sejak 1967. Proses ini terdiri dari tiga tahap yaitu **Likuifikasi** (Larutan kanji yang sudah dilarutkan secara homogen kemudian dipanaskan sampai suhu tertentu dengan penambahan enzim  $\alpha$ -amylase terurailah larutan pati yang rantainya panjang menjadi sebagian besar senyawa dekstrin dan sebagian kecil glukosa maupun maltosa, pada saat ini viskositas larutan sangat encer dengan kerja enzim tersebut. Diikuti dengan proses berikutnya yang disebut sebagai **Sakarifikasi** artinya adalah penguraian dekstrin menjadi glukosa dengan aksi dari enzim Glukoamilase. Di USA sirup glukosa ini digunakan dalam pembuatan es krim atau minuman *soft drink*. Namun untuk meningkatkan tingkat kemanisannya maka sirup glukosa dikonversi dengan penambahan enzim glukosa isomerase menjadi fruktosa yang tingkat kemanisannya sangat tinggi. Dengan demikian akan diperoleh campuran 52% fruktosa dan 48% adalah glukosa. Produk ini kemudian dapat digunakan untuk proses industri pangan, dan dikenal dengan nama HFCS (*High Fructose Corn Syrup*) atau isosirup.

Enzim tersebut berasal dari mikroorganisme, mereka bersifat *extracellular enzyme*, artinya dalam medium enzim ini dikeluarkan dari sel-sel bakteri dan berdifusi dalam medium sehingga mudah diisolasi dari mediumnya. Akan tetapi glukosaisomerase adalah enzim intraseluler sehingga agak mahal harganya karena proses produksinya juga rumit. Untuk isolasinya memerlukan material penangkap yang disebut dengan mikroba terimmobilisasi. Keuntungan dari imobilisasi ini adalah enzim ini dapat dipakai berkali-kali. Produksi enzim dengan menggunakan aplikasi bioteknologi lebih lanjut dibahas dalam Modul 2

Contoh tanaman transgenik sebagai hasil rekayasa genetika atau penggunaan bioteknologi modern yang telah dilepas di negara Eropa disajikan pada Tabel 1.12 berikut ini:

Tabel 1.12  
Pelepasan Tanaman Transgenik di Eropa sejak Tahun 1992 sampai 1998

Tanaman transgenik	Perubahan secara genetik
Jagung (375 jenis)	Resisten pada herbizida (820)
Raps, sejenis lobak (281 jenis)	Perubahan metabolisme zat (254)
Tanaman gula bit (209 jenis)	Resisten pada insekta (209)
Kentang (134 jenis)	Sterilitas bunga jantan (154)
Tomat (68 jenis)	Resisten pada virus (117)
Tembakau (49 jenis)	Resisten pada jamur (60)
Kedelai (12 jenis)	Resisten pada bakteri (13)
Tanaman lain (175 jenis)	Resisten pada nematoda (5)
Dari tanaman lain itu terdiri atas :	
Tanaman keras (17 jenis)	
Sayuran (16 jenis)	
Buah-buahan (16 jenis)	
Gandum (14 jenis)	
Kapas (15 jenis)	
Semangka (15 jenis)	
Bunga matahari (10 jenis)	

Setiap tanaman transgenik yang akan dilepas ke lingkungan pasti ada peluang dan risikonya terhadap kehidupan di dunia ini. Antara lain beberapa peluangnya sebagai berikut:

1. **Efisiensi dalam pembibitan** (menghemat waktu dan area penanaman, membuka jalan baru via pemindahan sifat-sifat gen yang menguntungkan)
2. **Penanaman yang memperbaiki lingkungan** (pelindung tanaman dapat didegradasi, menghemat pelindung tanaman secara kimiawi)
3. **Memperbaiki kualitas bahan pangan** (substansi zat gizi baru misalnya vitamin dan asam amino esensial)

Adapun resiko yang ditimbulkannya sebagai berikut:

1. **Pengaruh dari produk-produk gen baru** (dapat menimbulkan pelepasan senyawa protein yang baru ke lingkungan, pengaruh toksin dari protein baru tersebut di lingkungan)
2. **Pengaruh pleitropy** (integrasi gen-gen asing dapat mempengaruhi profil ekspresi gen sehingga jalur metabolismenya berubah)
3. **Gen-gen resisten terhadap antibiotik** (Pengaruh antibiotik yang sangat berarti untuk terapi)

Oleh karena itu pelepasan tanaman transgenik perlu prinsip kehati-hatian dan pertimbangan yang sangat masak untuk memperhitungkan untung dan ruginya.



## Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Apakah yang Anda ketahui dengan bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern? Jelaskan!
- 2) Sebutkan lima contoh produk yang memanfaatkan implementasi bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern dalam bidang pangan!
- 3) Apakah pemanfaatan enzim, bahan tambahan pangan misalnya zat pengental zat stabilizer dalam proses pengolahan pangan produk pangannya disebut sebagai produk hasil implementasi bioteknologi modern? Jelaskan!
- 4) Sama sama keju yaitu keju A dan keju B keduanya sama sama keju lunak namun jika ditelusuri ternyata keju A dan keju B berbeda dalam proses pembuatannya khususnya bahan yang digunakannya. Dapatkah anda menjelaskannya apakah keduanya produk yang mengimplementasikan bioteknologi konvensional? Jelaskan!
- 5) Tanaman transgenik disebut sebagai implementasi bioteknologi modern kenapa harus hati hati pelepasannya ke lingkungan?

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Untuk dapat menjawab soal soal latihan di atas, Anda harus mempelajari kembali Kegiatan Belajar 3 mengenai Implementasi bioteknologi konvensional dan implementasi bioteknologi modern.



## Rangkuman

Implementasi bioteknologi konvensional dalam bidang pangan banyak sekali sampai saat ini. Karena jika didefinisikan ***Bioteknologi konvensional*** adalah penerapan prinsip bioteknologi yang dilakukan masyarakat secara turun temurun dari leluhurnya tanpa menggunakan organisme yang mengalami rekayasa genetik atau tanpa menggunakan produk turunan dari sel mikroorganisme yang telah direkayasa genetiknya. Oleh karena itu produk pangan yang diolah secara natural dengan memanfaatkan mikroorganisme asli /natural tanpa ada perubahan genetik sebagai agen biologis untuk mengkonversi nutrisi yang ada, disebut sebagai contoh produk pangan dengan bioteknologi konvensional. Misalnya yoghurt, keju, butter, tempe, terasi, tauco, oncom, kecap dan lainnya. Dengan demikian sebagai konsekuensinya prosesnya terjadi secara alamiah, perubahan yang terjadi belum dapat diprediksi secara pasti substansi yang akan dihasilkan artinya kepastian kadar substansi utamanya bisa bervariasi bergantung banyak faktor bisa faktor luar yang mengendalikan pertumbuhan

mikrobanya atau faktor instrinsik (dari dalam) mikrobanya sendiri apakah dia termasuk sedang aktif setengah aktif atau bahkan inaktif.

Implementasi bioteknologi modern dalam bidang Pangan saat ini banyak sekali telah diterapkan pada kehidupan manusia baik disadari maupun tidak disadari. Kenyataannya banyak yang tidak menyadari bahwa produk yang dikonsumsi sudah merupakan produk pangan yang telah memanfaatkan bioteknologi modern. Misalnya tempe, mungkin prosesnya secara natural menggunakan kapang yang lazim digunakan oleh masyarakat banyak yaitu *Rhizopus microsporus*, *Rhizopus oligosporus* dan *Rhizopus oryzae* namun kedelainya sendiri berasal dari tanaman transgenik. Ini artinya kita telah mengonsumsi produk pangan yang telah menggunakan pemanfaatan bioteknologi modern. Dengan demikian maka definisi **bioteknologi modern** dalam bidang pangan adalah penerapan bioteknologi pada bidang pangan baik dengan teknologi klasik maupun modern yang melibatkan mikroorganisme sebagai agen biologis/bahan atau komponen dengan ditambahkan ke dalam proses, berasal dari hasil rekayasa genetik. Contoh produknya banyak sekali misalnya keju yang dalam prosesnya memanfaatkan bakteri asam laktat yang natural, namun enzim yang dimanfaatkan berasal dari mikroorganisme hasil rekayasa genetik. Maka produk keju ini sebagai produk yang menerapkan bioteknologi modern. Contoh lain misalnya hormon insulin yang diproduksi oleh *Escherichia coli* yang telah disisipi plasmid pembawa gen yang mampu memproduksi insulin. Demikian juga dengan *golden rice* yaitu tanaman padi yang mengandung karoten tinggi untuk memenuhi kebutuhan vitamin A pada balita. Tanaman padi ini telah disisipi gen asing yang mampu memproduksi karoten dalam proses pembentukan bulir padinya.

Baik produk pangan dengan metode bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern saat ini sudah beredar secara bebas di masyarakat oleh karena itu kita harus mampu menyikapinya secara bijak. Hal ini ditekankan karena pemanfaatan bioteknologi modern pada tanaman yang berlebihan dikhawatirkan akan mempengaruhi keseimbangan yang harmonis ekosistem kita. Dikhawatirkan implementasi hasil rekayasa genetik pada bidang pertanian akan mengurangi index keanekaragaman hayati di negeri ini. Oleh karena pengetahuan tentang bioetika dan biosafety perlu diterapkan sebagai pengendalinya.



### Tes Formatif 3

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Pemahaman makna bioteknologi konvensional dalam bidang pangan ditandai dengan hal hal berikut:
  - I. Proses nya menggunakan agen biologis mikroorganisme yang masih natural belum mengalami rekayasa genetik
  - II. Mikroba yang digunakan bersel tunggal dan prokariotik
  - III. Prosesnya sudah berlangsung lama turun temurun dari leluhurnya
  - IV. Menghasilkan produk dengan kualitas yang terjamin dalam waktu singkat

- Dari pernyataan di atas maka yang paling tepat adalah ....
- A. statement I dan II
  - B. statement I dan III
  - C. statement II dan III
  - D. tidak ada jawaban yang benar
- 2) Contoh produk bioteknologi konvensional dalam bidang pangan adalah ....
- A. keju camembert yang diproses secara alamiah dengan enzim renin dan kultur bakteri asam laktat yang belum mengalami rekayasa genetik serta kapang yang masih alami
  - B. susu rendah laktosa untuk manusia yang laktosa intolerance
  - C. *high fructosa syrup* yang berasal dari umbi umbian misalnya umbi singkong
  - D. tempe dengan menggunakan bahan baku kedelai impor dari USA yang belum jelas asal tanamannya
- 3) Penggunaan tanaman transgenik sangat dianjurkan jika diketahui ....
- A. hasil produksinya sangat menguntungkan manusia berlipat ganda dari bibit asli
  - B. keamanannya maka hanya diterapkan pada lahan tertentu karena sudah dapat diprediksi dampak negatifnya
  - C. sangat dibutuhkan oleh manusia
  - D. banyak mengandung karotenoid sebagai sumber vitamin A yang sangat dibutuhkan oleh balita
- 4) *Escherichia coli* yang sudah disisipi oleh plasmid agar mampu memproduksi insulin sangat dibutuhkan oleh manusia saat ini karena banyak penderita Diabetes Melitus. Produk insulin yang demikian ini termasuk kedalam produk ....
- A. contoh produk bioteknologi konvensional
  - B. bukan contoh bioteknologi modern karena tidak jelas
  - C. contoh bioteknologi modern
  - D. semua jawaban diatas salah

5) Perhatikan data data berikut:

Keju Edamer	Keju Gouda	Keju Emental
Susu dari sapi asli yang masih natural	Susu dari sapi asli yang masih natural	Susu dari sapi asli yang masih natural
Enzim renin	Enzim mikrobial	Enzim renin
Kultur murni	Kultur murni	Kultur murni
Bakteri Asam	Bakteri Asam	Bakteri Asam
Laktat	Laktat	Laktat

Berdasarkan data tersebut diatas maka statemen yang *tidak benar* adalah ....

- A. mungkin keju edamer termasuk produk bioteknologi konvensional
- B. mungkin keju gouda diragukan sebagai produk bioteknologi konvensional
- C. mungkin keju emental adalah produk bioteknologi modern
- D. mungkin keju edamer dan keju emental termasuk bukan produk bioteknologi modern
- 6) Tempe dan oncom sebenarnya sama sama contoh produk bioteknologi konvensional karena ....
- A. dijamin menggunakan agenn biologis yang masih asli tanpa rekayasa genetik
- B. keduanya diragukann karena infornya tidak jelas
- C. keduanya benar jika hanya dilihat dari prosesnya saja
- D. keduanya salah sebagai bioteknologi konvensional
- 7) Resiko memanfaatkan organisme rekayasa genetika untuk bidang pangan antara lain sebagai berikut ....
- A. tidak ada resiko
- B. mungkin itu hanya provokasi saja
- C. merugikan petani karena hasilnya belum tentu baik
- D. adanya pelepasan senyawa protein yang baru ke lingkungan
- 8) Jika kita memasukkan enzim amilase dari kapang hasil rekayasa genetika pada proses hidrolisi tepung agar menjadi glukosa cair apakah ini termasuk penerapan bioteknologi modern?
- A. Ya karena ada bahan tambahan berupa enzim dari mikroba yang sudah direkayasa genetiknya
- B. Bukan karena kita hanya menggunakan enzimnya saja bukan bahan baku yang kita gunakan

- C. Bukan karena kita tidak menggunakan agen biologis yang berupa mikroorganisme
- D. Ya karena kita menggunakan agen biologis secara langsung dalam pengolahan glukosa cair ini berupa kapang penghasil enzim amilase

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 3 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 3.

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100$$

Arti tingkat penguasaan



Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### *Tes Formatif 1*

- 1) B. Biologi, kimia, dan engineering
- 2) C. Pemanfaatan pupuk N, P, K dalam mencapai produksi pertanian yang melimpah
- 3) D. Sabun yang digunakan manusia untuk mencuci piringpun pasti memanfaatkan jasa engineering dalam pembuatannya
- 4) A. Konstruksi bangunan yang hemat energi dan ramah lingkungan
- 5) D. Semua persyaratan diatas
- 6) C. Streptomycin
- 7) B. *Aspergillus niger*
- 8) C. Memudahkan masyarakat misalnya penggunaan obat obatan yang paten dari mikroba
- 9) D. Semuanya benar
- 10) B. I dan III benar

### *Tes Formatif 2*

- 1) D. 276 sampai dengan 286 SM di Jerman telah berkembang tanaman anggur sebagai bahan baku *wine*
- 2) C. Jawaban a dan b benar adanya
- 3) A. Asam sitrat
- 4) C. Kontaminasi
- 5) D. Proses produksi vitamin B12 oleh mikroba
- 6) A. Robert Koch
- 7) D. Proses produksi yoghurt
- 8) A. Dapat dilakukan dengan kemajuan rekayasa genetika

### *Tes Formatif 3*

- 1) B. Statement I dan III
- 2) A. Keju camembert yang diproses secara alamiah dengan enzim renin dan kultur bakteri asam laktat yang belum mengalami rekayasa genetik serta kapang yang masih alami
- 3) B. Keamanannya maka hanya diterapkan pada lahan tertentu karena sudah dapat diprediksi dampak negatifnya
- 4) C. Contoh bioteknologi modern
- 5) C. Mungkin keju emental adalah produk bioteknologi modern
- 6) C. Keduanya benar jika hanya dilihat dari prosesnya saja
- 7) D. Adanya pelepasan senyawa protein yang baru ke lingkungan
- 8) A. Ya karena ada bahan tambahan berupa enzim dari mikroba yang sudah direkayasa genetiknya

## Daftar Pustaka

- Amalia, U., Sudarminto., & Agustini, T.W. (2018). Characterization of lactic acid bacteria (LAB) isolated from Indonesian shrimp paste (terasi). *3rd International Conference on Tropical and Coastal Region Eco Development 2017*. IOP Publishing IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 116 012049. doi :10.1088/1755-1315/116/1/012049.
- Arfarita, N., & Chukeatirte, E. (2015). Characterization of protease-producing bacteria isolated from terasi. *Journal of Biological Research*, 21 (1) pp.18-22.
- Briani, AMGT.S., Darmanto, Y.S., & Rianingsih, L. (2014). Pengaruh konsentrasi enzim papain dan lama fermentasi terhadap kualitas kecap ikan rucah. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, Volume 3 Nomer 3 2014. pp 121-128.  
<http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jpbhp>.