

BIOTEKNOLOGI

Oleh: Dr. drh. Heru Nurcahyo, M.Kes

Pengantar

Biologi memiliki peranan sangat menentukan dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) dan khususnya di bidang bioteknologi yang sangat pesat saat ini. Pemahaman dan penguasaan konsep-konsep biologi akan memperkaya dan memperdalam pemahaman manusia mengenai konsep dasar kehidupan. Selain itu, banyak persoalan kehidupan dan kesejahteraan umat manusia yang akan menjadi lebih mudah dipecahkan dengan menerapkan konsep-konsep biologi.

Berkaitan dengan hal tersebut, pada Kurikulum 2004 untuk tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP), Madrasah Tsanawiyah (MTs) dan/atau yang sederajat dengan tegas dinyatakan materi-materi bioteknologi untuk mata pelajaran biologi yang harus dikuasai (menjadi kompetensi) oleh siswa SMP/MTs. Materi-materi bioteknologi tersebut merupakan prinsip-prinsip dasar bioteknologi yang meliputi: fermentasi, kultur jaringan, dan rekayasa genetika serta implikasinya terhadap kesejahteraan masyarakat. Sebagai konsekuensi dari hal itu, maka Guru biologi di SMP dan/atau yang sederajat dituntut paling tidak memahami prinsip-prinsip dasar bioteknologi tersebut dengan benar. Bahkan lebih dari itu, Guru biologi di SMP dan/atau yang sederajat juga diharapkan pernah melakukan (*hands-on activity*) melalui kegiatan workshop bioteknologi agar lebih memahami dan menguasai bioteknologi secara keseluruhan.

Riwayat Bioteknologi

Bioteknologi dalam artian pemanfaatan mikroorganisme (mikroba) untuk pengolahan bahan makanan dan minuman, telah dikenal sejak jaman dahulu sebelum masehi. Orang mesir kuno telah mengenal pemanfaatan mikroba untuk membuat bir, anggur, vinegar, keju, yoghurt dsb. Nenek moyang kita juga telah mengenal minuman maupun makanan hasil fermentasi antara lain: tuak, tape, tempe, dan oncom. Oleh karena itu, dahulu bioteknologi diidentikan dengan industri mikrobiologi (industri yang berbasis pada peran agen-agen mikrobia). Tetapi perkembangan selanjutnya, tanaman dan hewan juga dieksploitasi secara komersial seperti; hortikultura dan agrikultura.

Pada tahun 1973 tim ilmuwan berhasil membuat babak baru sejarah bioteknologi yaitu dengan memindahkan gen dari mamalia ke bakteri. Prospek ke depan, terdapat indikasi bahwa perkembangan penerapan rekayasa genetik dalam segala bidang kehidupan akan semakin meningkat dengan didukung oleh penemuan-penemuan baru dan penerapan metode-metode baru. Penerapan rekayasa genetika dengan menyisipkan gen-gen tertentu yang dikehendaki kedalam sel yang telah dikultur bertujuan untuk memproduksi insulin dan/atau beberapa hormon pertumbuhan dalam skala besar. Selain itu, penggunaan antibodi monoklonal sangat meluas baik untuk penelitian maupun uji klinis termasuk diagnosis dan bahkan upaya mencapai target spesifik untuk pengobatan.

Dalam kurun waktu 20 tahun terakhir ini, bioteknologi telah mengalami perkembangan sangat pesat. Di beberapa negara maju, bioteknologi mendapatkan perhatian serius dan dikembangkan secara intensif dengan harapan dapat memberi solusi untuk mengatasi berbagai permasalahan yang

dihadapi manusia pada saat ini maupun yang akan datang yang menyangkut; kebutuhan pangan, obat-obatan, penelitian, yang pada gilirannya semuanya bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan hidup umat manusia. Kemajuan dan perkembangan bioteknologi tidak dapat terlepas dari kemajuan dan dukungan ilmu-ilmu dasar seperti: mikrobiologi, biokimia, biologi molekuler, dan genetika. Kompetensi menguasai bioteknologi tersebut dapat tercapai manakala pembinaan sumber daya manusia diorientasikan pada kompetensi meneliti dan menerapkan metode-metode mutakhir bioteknologi. Kemampuan menguasai dan mengaplikasikan metode-metode mutakhir bioteknologi (*current methods of biotechnology*) seperti: kultur jaringan, kloning, hibridoma, dan rekayasa genetik secara prospektif telah mampu menghasilkan produk-produk penemuan baru. Sebagai ilustrasi; penemuan-penemuan baru dibidang imunologi (ilmu yang mempelajari sistem kekebalan tubuh) telah berhasil diproduksi antibodi-monoklonal (MAb) secara massal. Penemuan MAb dengan metode klonasi (*clone*), memiliki kelebihan antara lain: peka (sensitivitas), khas (spesifitas), dan akurat. Selain itu, MAb dapat pula digunakan untuk memberikan jasa pelayanan dalam berbagai hal seperti: diagnosis suatu penyakit dengan akurat, pencegahan dan pengobatan penyakit. Kontribusi MAb telah dapat dirasakan manfaatnya khususnya dalam dunia riset (*research*) seperti: *enzymeimmunoassay* (EIA), *radioimmunoassay* (RIA), dan immunositokimia (*immunocytochemistry*).

Definisi dan Pengertian Bioteknologi

Apa itu bioteknologi? Beragam batasan dan pengertian dikemukakan oleh berbagai lembaga dan pakar untuk menjelaskan tentang Bioteknologi. Beberapa diantaranya sebagai berikut:

1. Menurut Bull *et al.* (1982), bioteknologi merupakan penerapan asas-asas sains (ilmu pengetahuan alam) dan rekayasa (teknologi) untuk pengolahan suatu bahan dengan melibatkan aktivitas jasad hidup untuk menghasilkan barang dan/atau jasa.
2. Menurut Primrose (1987), bioteknologi merupakan eksploitasi komersial organisme hidup atau komponennya seperti: sel, enzim.
3. Menurut OECD (1982), Bioteknologi merupakan penerapan prinsip-prinsip ilmu pengetahuan dan kerekayasaan untuk penanganan dan pengolahan bahan dengan bantuan agen biologis untuk menghasilkan bahan dan jasa.
4. Menurut OTA-US (1982), Bioteknologi adalah teknik pendayagunaan organisme hidup atau bagian organisme untuk membuat atau memodifikasi suatu produk dan meningkatkan/memperbaiki sifat tanaman atau hewan atau mengembangkan mikroorganisme untuk penggunaan khusus.

Apapun batasan yang diberikan oleh para ahli yang pasti dalam proses bioteknologi terkandung tiga hal pokok:

1. Agen biologis (mikroba, enzim, sel tanaman, sel hewan)
2. Pendayagunaan secara teknologis dan industrial.
3. Produk dan jasa yang diperoleh.

Berdasarkan terminologinya, maka bioteknologi dapat diartikan sebagai berikut:

1. "*Bio*" memiliki pengertian agen hayati (*living things*) yang meliputi; organisme (bakteri, jamur, kapang (ragi)), jaringan/sel (kultur sel tumbuhan atau hewan), dan/atau komponen sub-selulernya (enzim).
2. "*Tekno*" memiliki pengertian teknik atau rekayasa (*engineering*) yaitu segala sesuatu yang berkaitan dengan rancang-bangun, misalnya untuk rancang bangun suatu bioreaktor. Cakupan teknik disini sangat luas antara lain; teknik industri dan kimia.

3. "*Logi*" memiliki pengertian ilmu pengetahuan alam (sains) yang mencakup; biologi, kimia, fisika, matematika dsb. Ditinjau dari sudut pandang biologi (biosain), maka bioteknologi merupakan penerapan (*applied*); biologi molekuler, mikrobiologi, biokimia, dan genetika. Dengan demikian, bioteknologi merupakan penerapan berbagai bidang (disiplin) ilmu (interdisipliner). Oleh karena itu, tidak ada seorangpun yang dapat menguasai seluruh aspek bioteknologi.

Berdasarkan definisi dan pengertian di atas, maka bioteknologi tidak lain adalah suatu proses yang unsur-unsurnya sebagai berikut:

1. Input yaitu bahan kasar (*raw material*) yang akan diolah seperti; beras, anggur, susu dsb.
2. Proses yaitu mekanisme pengolahan yang meliputi; proses penguraian atau penyusunan oleh agen hayati.
3. Output yaitu produk baik berupa barang dan/atau jasa, seperti; alkohol, enzim, antibiotika, hormon, pengolahan limbah.



Gambar 1: Skema Proses Bioteknologi

Perkembangan Bioteknologi

1. Bioteknologi konvensional

Ciri-ciri bioteknologi konvensional; kurang steril, jumlah sedikit (terbatas), kualitas belum terjamin. Contoh: industri tempe, tape, anggur, yoghurt, dsb.

2. Bioteknologi modern

Ciri-ciri bioteknologi modern; steril, produksi dalam jumlah banyak (massal), kualitas standar dan terjamin. Selain itu, bioteknologi modern tidak terlepas dengan aplikasi metode-metode mutakhir bioteknologi (*current methods of biotechnology*) seperti:

- 1) Kultur jaringan merupakan suatu metode untuk memperbanyak jaringan/sel yang berasal atau yang didapat dari jaringan orisinal tumbuhan atau hewan setelah terlebih dahulu mengalami pemisahan (*disagregasi*) secara mekanis, atau kimiawi (enzimatis) secara *in vitro* (dalam tabung kaca).
- 2) Teknologi DNA rekombinan (*recombinant DNA technology*) adalah suatu metode untuk merekayasa genetik dengan cara menyisipkan (*insert*) gena yang dikehendaki ke dalam suatu organisme. Transgenik adalah suatu metode untuk. Rekayasa protein (*protein engineering*).
- 3) Hibridoma adalah suatu metode untuk menggabungkan dua macam sel eukariot dengan tujuan mendapatkan sel hibrid yang memiliki kemampuan kedua sel induknya.
- 4) Kloning adalah suatu metode untuk menghasilkan keturunan yang dikehendaki sama persis dengan induknya.

Makanan dan Minuman Terfermentasi

Teknologi fermentasi merupakan teknologi yang menggunakan mikroba untuk memproduksi makanan dan minuman seperti keju, yoghurt, bir, cuka, sirkol, acar, sosis, kecap, tempe, tape, oncom, dsb.

Pengertian Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu cara untuk mengubah substrat menjadi produk tertentu yang dikehendaki dengan menggunakan bantuan mikroba. Fermentasi dapat dibedakan menjadi: (1) fermentasi aerob jika memerlukan oksigen, dan (2) fermentasi anaerob jika tidak memerlukan oksigen. Fermentasi merupakan suatu cara yang telah dikenal dan digunakan sejak lama sejak jaman kuno. Sebagai suatu proses fermentasi memerlukan:

1. Mikroba sebagai inokulum
2. Tempat (wadah) untuk menjamin proses fermentasi berlangsung dengan optimal.
3. Substrat sebagai tempat tumbuh (medium) dan sumber nutrisi bagi mikroba.



Gambar 1: Skema Proses Fermentasi

Prinsip-prinsip Fermentasi

Agar fermentasi dapat berjalan dengan optimal, maka harus memperhatikan faktor-faktor berikut ini:

1. Aseptis: terbebas dari kontaminan
2. Volume kultur relatif konstan (tidak bocor atau menguap)
3. Kadar oksigen terlarut harus memenuhi standar
4. Kondisi lingkungan seperti: suhu, pH harus terkontrol.
5. Komposisi medium pertumbuhan harus mencukupi kebutuhan mikroba.
6. Penyiapan inokulum harus murni.

Bioteknologi Fermentasi

1. Desain Fermenter (Bioreaktor). Istilah fermenter (bioreaktor) digunakan untuk tempat fermentasi. Pada prinsipnya fermenter harus menjamin pertumbuhan mikroba dan produk dari mikroba di dalam fermenter. Semua bagian di dalam fermenter pada kondisi yang sama dan semua nutrisi termasuk oksigen harus tersedia merata pada setiap bagian dalam fermenter dan produk limbah seperti; panas, CO₂, dan metabolit harus dapat dikeluarkan. Wadah (fermenter) harus dapat memberikan kondisi lingkungan fisik yang cocok bagi katalis sehingga dapat berinteraksi secara optimal dengan substrat. Oleh karena itu, wadah perlu didesain sedemikian rupa sehingga proses dalam wadah dapat dimonitor dan dikontrol.
2. Teknologi medium. Medium sebagai tempat tumbuh dan berkembang harus menjamin ketersediaan dan kebutuhan mikroba untuk hidup dan tumbuh berkembang. Medium biasa disebut substrat. Medium harus mengandung nutrisi dan oksigen yang dibutuhkan mikroba. Mikroba berada dalam medium yang mengandung nutrisi sebagai substrat untuk tumbuh dan berkembang bercampur dengan produk-produk yang dihasilkan termasuk limbah. Medium kebanyakan berasal dari tumbuhan dan sedikit dari produk hewani. Sebagai contoh; biji-bijian (*grain*), susu (milk). *Natural raw material* berasal dari hasil pertanian dan hutan. Karbohidrat; gula, pati (tepung), selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Berdasarkan bentuknya substrat dapat dibedakan menjadi: (1) Substrat cair sebagai contoh air untuk pembuatan anggur. (2) Substrat semi cair sebagai contoh media untuk pembuatan yoghurt. (3) Substrat padat sebagai contoh media yang digunakan untuk

produksi tempe, oncom, kecap, kompos dsb. *Solid substrate fermentation* (SSF), melibatkan jamur berfilamen, yeast atau *Streptomyces*.

- Inokulum. Inokulum adalah agen hayati (*living thing*) meliputi organisme dan komponen subselulernya. Mikroba memiliki sifat khas sehingga dapat digunakan sebagai agen untuk memproduksi bahan-bahan kimia yang diperlukan oleh manusia. Mikroba memiliki kemampuan mensintesis berbagai senyawa di alam dan juga dapat menghasilkan berbagai jenis enzim yang dapat dimanfaatkan dalam industri pengolahan makanan, bahan kimia, dan/atau bahan farmasi. Enzim yang dihasilkan merupakan katalisator yang mendorong terjadinya proses sintesis dan perombakan bahan baku. Mikroba dapat digolongkan menjadi: (1) kelompok bakteri: *Bacillus sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Streptococcus sp.*, *Eschericia sp.* (2) kelompok jamur: *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* (3) kelompok khamir (yeast): *Saccharomyces sp.*

Tabel 1: Berbagai jenis inokulum dan produknya

Jenis	Inokulum	Substrat	Produk
Jamur	<i>Rhizopus oligoporus</i>	Kedele Ampas kacang	Tempe, Oncom
	<i>Aspergillus wentii</i>	Kedele	Kecap
	<i>Neurospora crassa</i>	Bungkil kacang tanah	Oncom
Khamir (Yeast)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Bahan roti, tetes tebu	Roti
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Bahan dasar karbohidrat: beras, ketan, ketela	Tape
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Air anggur, bir, brem	anggur, bir, brem
Bakteri	<i>Acetobacter xylinum</i>	Air kelapa	Nata de coco
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	Air susu	Yoghurt
	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>		Keju

Produk Fermentasi

Dalam dimensi baru teknologi fermentasi mikroba berperan untuk menghasilkan:

- Bir, minuman beralkohol.
- Yoghurt, diproduksi dengan cara memfermentasi air susu dengan bakteri bukan khamir. Biasanya menggunakan campuran *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Pada pembuatan yoghurt air susu dipasteurisasi pada suhu 73°C selama 15 detik. Kemudian ditambahkan kultur starter bakteri. Fermentasi pada suhu 40°C selama 2,5 -3,5 jam sampai susu menggumpal, dan asam laktat dihasilkan. Bakteri mengubah gula susu (laktosa) pada kondisi anaerobic. Lactose diubah menjadi asam laktat yang bersifat menggumpalkan casein (protein susu). Dihasilkan krem yoghurt tebal dengan rasa sedikit asam. Yoghurt sebaiknya disimpan pada suhu 4°C untuk mengurangi aktivitas mikroba.
- Keju, berbagai jenis bakteri dapat digunakan untuk memfermentasi susu menjadi keju, tergantung jenis keju yang dihasilkan. Biasanya digunakan spesies *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*. Enzim yang diperlukan untuk menghasilkan keju adalah *rennet* yang mengandung chymosin yang bersifat menggumpalkan casein.

4. Biomassa (*single cell protein*). Mikroorganisme selain berperan dalam fermentasi juga sebagai penghasil protein yang disebut *single cell protein* (SCP). SCP selain mengandung protein juga mengandung karbohidrat, lemak, vitamin dan mineral. Untuk memenuhi kebutuhan pangan terutama sumber protein yang semakin meningkat sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk diperlukan langkah bioteknologi untuk memproduksi protein dalam kuantitas cukup dan kualitas baik. Mengapa mikroorganisme karena pertumbuhannya cepat yaitu 20 – 120 menit (bakteri), algae (2 – 6 jam). Sedangkan ayam (3 – 4 minggu). Hal-hal yang mesti diperhatikan dalam pemanfaatan mikroorganisme sebagai penghasil protein antara lain: keamanan, nilai nutrisi, dan penerimaan masyarakat. Kelebihan mikroorganisme untuk produksi SCP antara lain: pertumbuhan cepat, mudah dimodifikasi secara genetic, mengandung protein relatif tinggi, memerlukan ruang yang relatif sempit, dan dapat tumbuh pada berbagai substrat (*raw material*).

Produk-Produk Aplikasi Industri Bioteknologi

1. Aplikasi pada bidang pertanian:

Aplikasi bioteknologi dalam bidang pertanian melaalui teknologi perbaikan sifat tanaman dengan teknik rekayasa genetika. Keuntungan bioteknologi pertanian antara lain:

- Meningkatkan produksi pangan misalnya dengan menciptakan kultivar unggul seperti tanaman padi tahan wereng, kapas tahan hama sehingga dapat meningkatkan hasil panen.
- Ternak yang dapat memproduksi asam amino tertentu.
- Pengolahan makanan; tempe, tape, oncom, kecap.
- Pengolahan minuman; anggur, bir, yoghurt, tuak, brem, dsb.
- Meningkatkan produksi peternakan
- Meningkatkan efisiensi dan kualitas pakan seperti manipulasi mikroba rumen
- Menciptakan jenis ternak unggul
- Menyediakan benih dan induk ikan berkualitas unggul.
- Meningkatkan system kekebalan ikan dengan menggunakan vaksin, imunostimulan, dan bioremediasi.
- Aplikasi probiotik pada pakan atau dalam lingkungan perairan budidaya sebagai penyeimbang mikroba dalam pencernaan dan lingkungan perairan.

2. Aplikasi pada bidang kesehatan dan pengobatan:

Aplikasi bioteknologi dalam bidang kesehatan dan pengobatan telah mandatkan manfaat antara lain:

- Memproduksi obat-obatan terhadap penyakit infeksi (antibiotik) seperti; penisilin, streptomysin.
- Memproduksi vaksin untuk pencegahan jenis penyakit tertentu sesuai dengan jenis vaksinnya seperti; polio, cacar, hepatitis-B, TBC dsb. Selain pada manusia, vaksin juga digunakan untuk melindungi ternak (ayam, sapi dsb) dari serangan berbagai penyakit menular.
- Memproduksi zat kebal (Antibodi monoclonal) untuk diagnosis penyakit, penelitian dan terapi.
- Untuk memproduksi hormon; Insulin untuk terapi penderita kencing manis.
- Untuk terapi gen; Sel somatis (*somatic gene therapy*); sel darah atau otot, terapi penyakit genetis (bawaan). Sel embrional (*Germ line gene*

therapy);

3. Aplikasi pada bidang lingkungan

Aplikasi bioteknologi dalam bidang lingkungan adalah untuk penanganan dan pemanfaatan material sampah organik yang volumenya cenderung bertambah dengan pesat. Pemanfaatan sampah berdampak dapat mengeliminasi sumber polusi terutama pencemaran air, dan dengan penerapan proses biotek dapat mengubah limbah menjadi produk-produk yang bermanfaat. Beberapa limbah yang dapat digunakan untuk substrat fermentasi:

- Molase, sebagai produk sampingan (limbah) industri gula masih mengandung kadar gula 50 %. Molase digunakan secara luas sebagai bahan baku fermentasi dan untuk produksi antibiotik, asam organik, dan khamir untuk pembuatan roti, bumbu masak (MSG) atau diberikan langsung untuk makanan ternak.
- Whey sebagai produk sampingan (limbah) industri keju digunakan sebagai substrat fermentasi.
- Batang padi (damen) untuk produksi jamur merang.
- Bagase (ampas tebu) banyak mengandung ligno selulose.

Peran biotek dalam pemanfaatan bahan sampah organik:

- Mengubah kualitas makanan limbah agar sesuai untuk konsumsi manusia.
- Memberi makan bahan sampah secara langsung atau setelah pemrosesan ke unggas, babi, ikan, atau ternak lainnya yang dapat mencerna secara langsung.
- Limbah yang banyak mengandung selulose diberikan pada sapi atau ruminansia.
- Produksi biogas methane dan produk fermentasi lain jika tidak dapat diberikan ternak.

DAFTAR PUSTAKA

- Artama, W.T. (1990). *Teknik Hibridoma untuk Produksi Antibodi Monoklonal*. Makalah Kursus Immuno-bioteknologi. Yogyakarta: PAU UGM.
- Heru Nurcahyo (1997). Strategi Pengembangan Sumber Daya Manusia Berorientasi pada Penguasaan Bioteknologi *Cakrawala Pendidikan*. Edisi Khusus Dies Mei , 1997.
- , & Soejono, S.K. (2001). Pengaruh Curcumin dan Pentagamavunon-0 (PGV0) terhadap Steroidogenesis yang Dihasilkan oleh Kultur Sel Granulosa Folikel Ovarium. *Mediagama*. Vol. III, No. 3. Hal.: 1-11.
- Primrose, S.B. (1987). *Modern Biotechnology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Pringgo Soedigdo (1992). Menyiapkan Para Ahli Biologi Guna Dapat Ikut dalam Pembangunan Bioteknologi di Indonesia. *Makalah Seminar Biologi Molekuler 1995*. Bandung: Kerjasama ITB dan Dirjen Dikti.
- Peter Chen (1997). *Microorganisms & Biotechnology*. London: John Murray Ltd.
- Waites, M.J., Morgan, N.L., Rockey, J.S., and Gary Higon (2001). *Industrial Microbiology: An Introduction*. USA: Blackwell science.

