

PRINSIP DAN PENGEMBANGAN BIOTEKNOLOGI

Oleh:

Yeni Widiyawati, M.Pd

A. Pendahuluan

Sejarah perkembangan bioteknologi menjadi awal perkembangan bioteknologi modern yang sudah berkembang saat ini. Dewasa ini bioteknologi telah mengalami perkembangan yang menakjubkan dan semakin banyak dimanfaatkan dalam kehidupan kita. Kemajuan ini terutama ditunjang oleh perkembangan yang sangat pesat pada bidang ilmu biologi molekuler dan teknologi rekayasa genetika. Bioteknologi didefinisikan sebagai aplikasi proses biologi dengan menggunakan sel mikroba, tumbuhan maupun hewan serta bagian-bagiannya untuk menghasilkan barang maupun jasa. Oleh karena itu, bioteknologi pangan dapat diartikan sebagai solusi bioteknologi dalam menghasilkan barang maupun jasa di bidang pangan mulai dari proses persiapan hingga pengolahan dengan memanfaatkan mikroba atau mikroorganisme.

Bioteknologi pada mikroorganisme, berhasil melipatgandakan kemampuan produksi bakteri penghasil zat aktif untuk bahan baku obat dengan teknik rekayasa genetika, begitu pula dengan mikroba penghasil alkohol dan enzim tertentu. Selain itu, biologi molekuler telah kita manfaatkan pula dalam peningkatan kualitas kesehatan dengan memanfaatkan teknik antibodi monoklonal, vaksin, serta diagnostik untuk penyakit-penyakit berbahaya maupun deteksi dini terhadap kontaminasi mikroba patogen. Selain pada pertanian, kesehatan, dan industri, pemanfaatan bioteknologi pun merambah pada lintas ilmu dan lintas bidang. Sebagai contoh, pemanfaatan bioteknologi dalam bidang reklamasi lahan dan lingkungan bekas tambang dengan menggunakan pupuk hayati yang ramah lingkungan, mikroba pengurai limbah pabrik, pengurai pestisida, serta untuk pakan ternak, seperti probiotik.

Semenjak proyek genom manusia berhasil kita selesaikan, pemanfaatan teknologi dan informasi bioteknologi molekuler tidak terbatas pada informasi DNA dari genom saja, tetapi mengalami perkembangan ke arah proteomik dan metabolomik. Pada masa mendatang tidak disangsikan lagi peranan bioteknologi yang bertumpu pada biologi

molekuler dan rekayasa genetika menjadi alternatif utama dalam memecahkan masalah-masalah kesehatan, obat-obatan, pertanian, pangan, energi, serta lingkungan untuk mewujudkan peningkatan kesejahteraan rakyat dan kemandirian bangsa.

B. Definisi Bioteknologi

Meningkatnya kualitas hidup serta nilai-nilai budaya manusia itu sendiri akan menuntut peningkatan dari kualitas kebutuhannya sedangkan pertambahan jumlah populasi manusia akan meningkatkan kuantitas kebutuhan tersebut. Oleh karenanya, manusia mengembangkan teknologi baru yang memberikan peluang untuk mengembangkan kualitas berbagai lini kehidupan yang berbasis pada organisme atau unsur hidup yang kita kenal dengan istilah “bioteknologi”.

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.

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*).

Istilah bioteknologi untuk pertama kalinya dikemukakan oleh Karl Ereky, seorang insinyur Hongaria pada tahun 1917 untuk mendeskripsikan produksi babi dalam skala besar dengan menggunakan bit gula sebagai sumber pakannya (Suwanto, 1998). Beragam batasan dan pengertian dikemukakan oleh berbagai lembaga untuk menjelaskan tentang Bioteknologi. Beberapa diantaranya akan diulas singkat 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. Bioteknologi merupakan penerapan prinsip-prinsip ilmu pengetahuan dan rekayasa untuk penanganan dan pengolahan bahan dengan bantuan agen biologis untuk menghasilkan bahan dan jasa (OECD,1982).
3. 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 (OTA-US, 1982).
4. Menurut Primrose (1987), secara lebih sederhana bioteknologi merupakan eksploitasi komersial organisme hidup atau komponennya seperti; enzim.
5. Bioteknologi berasal dari dua kata, yaitu 'bio' yang berarti makhluk hidup dan 'teknologi' yang berarti cara untuk memproduksi barang atau jasa. Dari paduan dua kata tersebut *European Federation of Biotechnology* mendefinisikan bioteknologi sebagai perpaduan dari ilmu pengetahuan alam dan ilmu rekayasa yang bertujuan meningkatkan aplikasi organisme hidup, sel, bagian dari organisme hidup, dan/atau analog molekuler untuk menghasilkan produk dan jasa.
6. Atau secara tegas dinyatakan, Bioteknologi merupakan penggunaan terpadu biokimia, mikrobiologi, dan ilmu-ilmu keteknikan dengan bantuan mikroba, bagian-bagian mikroba atau sel dan jaringan organisme yang lebih tinggi dalam penerapannya secara teknologis dan industri (EFB., 1983)

Berdasarkan terminologinya, maka bioteknologi dapat diartikan sebagai berikut:

1. “*Bio*” memiliki pengertian agen hayati (*living things*) yang meliputi; organisme (bakteri, jamur (ragi), kapang), 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 an 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.
3. Proses yaitu mekanisme pengolahan yang meliputi; proses penguraian atau penyusunan oleh agen hayati.
4. Output yaitu produk baik berupa barang dan/atau jasa, seperti; alkohol, enzim, antibiotika, hormon, pengolahan limbah.



Gambar 1. Skema Proses Bioteknologi

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. Pendaaygunaan secara teknologis dan industrial
3. Produk dan jasa yang diperoleh.

Dahulu bioteknologi dianalogikan 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. Dengan demikian, “payung” bioteknologi sangatlah luas mencakup semua teknik untuk menghasilkan barang dan jasa dengan memanfaatkan sistem biologi. Bioteknologi modern dapat kita klasifikasi ke dalam berbagai bidang, seperti bioteknologi kesehatan, bioteknologi lingkungan, bioteknologi obat-obatan, bioteknologi pertanian, bioteknologi industri. Bioteknologi merupakan ilmu dan sains masa depan yang menarik minat para ilmuwan, serta akan melahirkan suatu revolusi besar dalam kehidupan kita dengan

menunjukkan bagaimana cara hidup yang lebih nyaman, bebas dari berbagai macam penyakit dan stres.

C. Sejarah Bioteknologi

Bioteknologi dalam artian pemanfaatan mikroorganisme untuk mengolah makanan dan minuman, telah dikenal sejak jaman dahulu sebelum masehi. Orang mesir kuno telah mengenal pemanfaatan mikroorganismenya untuk membuat bir, anggur, vinegar, keju, tuak, yoghurt dsb. Bioteknologi telah mengalami perkembangan sesuai zamannya untuk memproduksi; alkohol, penisilin, dan akhirnya antibodi monoklonal.

Prospek ke depan, terdapat indikasi bahwa perkembangan penerapan bioteknologi dalam segala bidang kehidupan akan semakin meningkat dengan didukung oleh penemuan-penemuan baru dan penerapan metode-metode baru. Kemajuan yang sangat menggembirakan dalam bioteknologi adalah penerapan rekayasa genetika dengan menyisipkan gen-gen tertentu yang dikehendaki kedalam sel yang telah dikultur dengan tujuan untuk memproduksi insulin dan/atau beberapa hormon pertumbuhan dalam skala besar. Demikian pula penggunaan antibodi monoklonal sangat meluas baik untuk penelitian maupun uji klinis termasuk diagnosis dan bahkan upaya mencapai target spesifik untuk pengobatan.

Menguasai bioteknologi 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 seperti: kultur jaringan, rekayasa genetik, hibridoma, kloning, dan *polymerase chains reaction* (PCR) secara prospektif akan mampu menghasilkan produk-produk penemuan baru.

Secara umum, bioteknologi dapat diklasifikasikan menjadi dua aras yaitu: bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern. Aplikasi bioteknologi sesungguhnya telah berlangsung cukup lama, dalam peradaban manusia; seperti upaya produksi antibiotik, fermentasi, alkohol, pangan dan teknologi pengolahan limbah ; yang kesemuanya dapat dikelompokkan ke dalam bioteknologi konvensional. Tetapi mengapa nampaknya bioteknologi baru saja berkembang pada kurun abad ke dua puluh ini? Karena secara implisit yang dimaksud bioteknologi adalah bioteknologi modern, yang intinya adalah rekayasa genetik, dengan teknik gen kloning yang berkembang berdasar penemuan struktur dan fungsi DNA oleh Watson dan Crick.

Dalam perkembangannya, bioteknologi telah mencapai tingkat rekayasa yang lebih terarah, sehingga hasilnya dapat dikendalikan. Dengan teknik yang dikenal sebagai teknik DNA rekombinan, atau secara populer dikenal sebagai rekayasa genetika. Para ilmuwan dapat menyambung molekul-molekul DNA yang berbeda menjadi suatu molekul DNA rekombinan yang inti prosesnya adalah “kloning gena”.

Tabel 1. Perkembangan Bioteknologi dari Masa ke Masa

Waktu/ Tahun	Perkembangan Bioteknologi
2500 SM	1. Bangsa Mesir menggunakan yeast untuk membuat roti dan wine. Ketika itu, aplikasi proses fermentasi dihasilkan lebih dari 50 macam roti 2. Bangsa China membuat keju dan yoghurt dengan bakteri penghasil asam laktat.
2000 SM	1. Masyarakat Mesir mempraktikkan pemuliaan hewan ternak, pada sapi dan angsa untuk kebutuhan pangan 2. Bangsa Sumerian dan Babilonia membuat minuman bir dan keju hasil fermentasi menggunakan yeast.
500 SM	Bangsa China menggunakan bubur ekstrak kedelai yang sudah berjamur untuk menyembuhkan borok.
250 SM	Masyarakat Yunani mempraktikkan cara bercocok tanam dengan sistem rotasi untuk meningkatkan kesuburan tanah.
100 SM	Bangsa China menggunakan tepung tanaman bunga Krisan sebagai insektisida.
1500 M	Bangsa Aztek dari Meksiko menggunakan alga Spirulina yang tumbuh di kolam-kolam dangkal sebagai bahan makanan.
1663 M	Penemuan Teori Sel oleh Robert Hooke
1675 M	Leuwenhoek menemukan protozoa dan bakteri
1701 M	Giacomo Pylarini menginokulasi anak-anak dengan kuman cacar di Constantinopel, sebagai pencegahan terhadap penyakit cacar yang lebih parah ketika dewasa kelak.
1724 M	Percobaan kawin silang pada tanaman jagung
1748 M	Turbervill Needham melakukan percobaan pada sup yang ditumbuhi berbagai “kehidupan”, mendukung teori kehidupan spontan.
1796 M	Edward Jenner menginokulasi anak-anak dengan vaksin virus non patogen untuk mencegah penyakit cacar.
1809 M	Nicolas Appert merancang teknik pemanasan dan sterilisasi pada makanan kaleng.
1855 M	Penemuan bakteri <i>Escherichia coli</i> . Bakteri ini kemudian menjadi objek penelitian bioteknologi. Louis Pasteur meneliti yeast, dan kemudian membuktikan bahwa yeast adalah makhluk hidup dan bertanggung jawab terhadap proses fermentasi.
1863 M	Louis Pasteur menemukan teknik pasteurisasi, pemanasan minuman anggur untuk menonaktifkan mikroba tanpa merusak rasanya. Tanpa proses ini, fermentasi berlanjut, dan minuman

	<p>anggur berubah menjadi cuka.</p> <p>Anton de Bary membuktikan bahwa jamur adalah penyebab penyakit bercak pada kentang.</p>
1865 M	<p>Gregor Mendel menemukan sifat yang diwariskan dari tetua ke turunannya oleh suatu agen, yang kemudian dikenal dengan <i>gen</i>. Hasil observasinya menghasilkan hukum pewarisan sifat Mendel, yang menjadi dasar ilmu genetika. Namun, penemuan ini terabaikan, terutama oleh teori sensasional Darwin. Hingga tahun 1900, peneliti Hugo de Vries, Erich Von Tschermak, dan Carl Correns mempublikasikan hasil kerja mereka berdasarkan hukum Mendel.</p> <p>Pasteur meneliti penyakit pada ulat sutra dan menyimpulkan bahwa penyakit dapat ditularkan ke ulat yang lain</p>
1869 M	<p>Fredrich Miescher menemukan DNA dari sperma ikan kerapu. Saat itu Miescher tidak meneliti tentang pewarisan sifat, namun berusaha mengidentifikasi susunan kimia di dalam sel. Puluhan tahun terlewatkan, sebelum orang menyadari hubungan antara DNA yang ditemukan Miescher dengan hukum Mendel, yang dicetuskan 4 tahun sebelumnya.</p>
1871 M	<p>Robert Koch mengembangkan teknik pewarnaan untuk identifikasi bakteri.</p>
1878 M	<p>Laval mengembangkan alat sentrifugasi.</p> <p>Istilah “mikroba” pertama kali digunakan.</p>
1879 M	<p>Albrecht Kossel menemukan asam nukleat.</p> <p>Wiliam James Beal melakukan percobaan pertama terhadap jagung hibrida.</p>
1881 M	<p>Robert Koch mengembangkan teknik kultur <i>in vitro</i> bakteri dengan media buatan dari irisan kentang, gelatin maupun agar. Agar menjadi media standar untuk mendapatkan isolat murni, dan ini merupakan penemuan penting bagi perkembangan ilmu mikrobiologi.</p> <p>Pasteur mengembangkan vaksin kolera dan antraks dari sel bakteri yang dilemahkan. Ini merupakan momen penting bagi ilmu yang kelak dikenal dengan imunologi.</p>
1892 M	<p>Ivanovsky melaporkan agen penyebab penyakit mosaik pada tanaman tembakau. Agen ini dapat menularkan penyakit yang sama ke tanaman lain, serta lolos dari saringan bakteri terkecil sekalipun. Agen tersebut kemudian dinamakan virus.</p>
1897 M	<p>Eduard Buchner mendemonstrasikan bahwa fermentasi dapat dilakukan dengan ekstrak yeast, tanpa perlu kehadiran sel hidup dari yeast tersebut. Ini merupakan momen penting dalam ilmu biokimia dan enzimologi.</p>
1900 M	<p>Genetika sebagai ilmu telah lahir ketika pekerjaan Mendel diketemukan kembali oleh 3 peneliti, seperti Hugo de Vries, Erich Von Tschermak, dan Carl Correns. Mereka secara terpisah melakukan penelitian pewarisan sifat. Wiliam Sutton mengamati pasangan homolog pada kromosom sel belalang.</p>
1902 M	<p>Walter Stanborough Sutton memberi nama pada agen pewarisan sifat Mendel sebagai “gen”.</p> <p>Archibald Garrod menghubungkan pewarisan sifat Mendel dengan</p>

	jalur biokimia reproduksi, awal dari genetika manusia.
1903 M	Walter Sutton dan Theodor Boveri, yang bekerja secara terpisah, menyatakan bahwa sel telur dan sel sperma masing-masing berisi satu dari pasangan kromosom. Hal ini sesuai dengan hukum segregasi Mendel.
1904 M	William Bateson memperkenalkan konsep “keterpautan gen”, yang nantinya dipakai untuk membuat peta genetika, menggambarkan posisi dan urutan gen-gen terpaut.
1906 M	Istilah “genetika” diperkenalkan.
1907 M	Kultur sel hewan <i>in vivo</i> pertama dilaporkan. Thomas Hunt Morgan yang bekerja dengan lalat buah, membuktikan bahwa kromosom memiliki fungsi sebagai pembawa pewarisan sifat. Selanjutnya, membuat teori mutasi dan menanamkan pengertian mendasar tentang mekanisme pewarisan sifat dan genetika modern.
1909 M	Phoebus Levene menemukan gula ribose dalam asam nukleat, yang kemudian dikenal dengan RNA.
1915 M	Penemuan bakteriofage, virus pada bakteri.
1919 M	Karl Ereky, sarjana pertanian dari Hongaria, memperkenalkan kata “bioteknologi” untuk pertama kali.
1920 M	Evans dan Long menemukan hormon pertumbuhan pada manusia. Pengembangan kawin silang pada tanaman, meningkatkan produktivitas.
1921 M	Banting, Best, Collip dan MacLeod menemukan insulin.
1928 M	Alexander Fleming menemukan penicillin, antibiotik pertama, dari jamur <i>Penicillium</i> . Griffith menemukan bahwa gen dapat berpindah dari satu individu bakteri ke lainnya merupakan transformasi genetika pertama yang diketahui
1935 M	George Beadle dan Boris Ephrussi mengamati perkembangan lalat buah setelah melakukan transplantasi larva. Andrei Nikolaevitch Belozersky berhasil mengisolasi DNA murni pertama kali.
1936 M	Wendell M. Stanley berhasil mengisolasi virus mosaik tembakau.
1937 M	Frederick Charles Bawden menemukan virus mosaik tembakau mengandung RNA.
1938 M	Istilah “biologi molekuler” diperkenalkan. Protein dan DNA dipelajari dengan sinar X.
1939 M	Gauteret berhasil membuat kultur kalus pada wortel.
1941 M	Produksi penisilin pada skala besar berhasil dilakukan. Istilah “rekayasa genetika” pertama kali digunakan oleh A. Jost, ahli mikrobiologi dari Denmark.
1942 M	ikroskop elektron digunakan untuk mengidentifikasi dan karakterisasi bakteriofage, virus yang menginfeksi bakteri.
1944 M	Oswald Theodore Avery, Colin MacLeod dan Maclyn McCarty membuktikan DNA sebagai bahan dasar penyusun gen. Frederick Sanger menggunakan metode baru, kromatografi, untuk menentukan sekuen dari asam amino molekul insulin sapi.

1949 M	Pauling membuktikan bahwa penyakit anemia karena sel sickle adalah “penyakit molekuler” yang disebabkan oleh mutasi pada sel darah. Kultur sel hewan mulai banyak dilakukan.
1950 M	Erwin Chargaff menemukan bahwa di dalam DNA jumlah adenin sama dengan timin, dan jumlah guanin sama dengan sitosin. Ini dikenal dengan teori Chargaff. Inseminasi buatan pada sapi dengan sperma beku berhasil dilakukan.
1951 M	Barbara McClintock menemukan elemen <i>transposable</i> atau “gen loncat” pada jagung, gen dapat pindah posisi dalam kromosom. Esther M. Lederberg menemukan <i>lambda phage</i> , virus pada <i>E. Coli</i>
1952 M	J. Lederberg memperkenalkan plasmid. Jean Brachet menyatakan bahwa RNA berperan pada pembentukan protein.
1953 M	James Watson dan Francis Crick menjelaskan struktur 3 dimensi DNA, menggunakan data difraksi sinar X yang dikembangkan oleh Rosalind Franklin dan Maurice Wilkins.
1956 M	Proses fermentasi berhasil disempurnakan di Jepang. Coenbergen menemukan enzim DNA polimerase I, mengarah pada pemahaman bagaimana DNA direplikasi
1959 M	Reinart berhasil meregenerasikan kultur jaringan wortel.
1960 M	Penelitian pada pasangan basa, hibridisasi molekul DNA-RNA berhasil dibuat. Penemuan mRNA (RNA duta).
1969 M	Enzim pertama kali disintesis secara <i>in vitro</i> .
1970 M	Howard Temin dan David Baltimore secara terpisah mengidentifikasi enzim restriksi, sebagai perangkat pada kloning gen. Enzim transkriptase terbalik akhirnya ditemukan secara bersamaan, pada retrovirus dari burung dan tikus. Torbjorn Caspersson, L. Zech mempublikasi metode pewarnaan dengan pola pita (<i>banding patterns</i>) pada kromosom mamalia. Peter Duesberg dan Peter Vogt, ahli virology, menemukan gen penyebab kanker pada virus. Sejak itu gen ini banyak dikaitkan dengan sel kanker pada manusia.
1975 M	Southern mengembangkan metode hibridisasi koloni bakteri dan blotting untuk mendeteksi sekuen DNA spesifik
1979 M	George Kohler dan Cesar Milstein berhasil memproduksi antibodi monoklonal dari fusi sel untuk pertama kali. John Baxter membuat DNA rekombinan untuk hormon tumbuh manusia.
1982 M	Humulin, obat insulin untuk manusia diproduksi oleh Genentech melalui rekayasa genetika pada bakteri untuk menyembuhkan penyakit diabetes. Obat bioteknologi pertama yang disetujui pemerintah atau FDA (<i>Food and Drug Administration</i>). Peneliti Kanada menemukan reseptor sel-T, sebagai bagian dari sistem kekebalan tubuh. Larangan penggunaan teknologi RNA untuk pengembangan

	senjata biologis.
1983 M	Kary Mullis memperkenalkan teknik mengcopy sekuen DNA, yaitu PCR (<i>Polymerase Chain Reaction</i>). PCR menggunakan suhu tinggi dan enzim untuk mengcopy sekuen DNA atau gen. Transformasi genetika pertama pada tanaman melalui plasmid TI dan Agrobakterium. Kromosom buatan manusia pertama dipublikasi. Marker genetika pertama untuk penyakit turunan spesifik ditemukan. Sintesis untai ganda DNA yang efisien dari cDNA berhasil dikembangkan.
1987 M	Maynard Olson merancang kromosom buatan dari yeast (<i>yeast artificial chromosomes</i> atau YAC) sebagai vektor ekspresi protein yang berukuran besar.
1988 M	Proyek genom manusia dimulai, untuk memetakan dan membaca sekuen sandi genetika manusia.
1990 M	Perlakuan terapi gen pertama yang sukses pada gadis 4 tahun penderita defisiensi fungsi kekebalan tubuh (<i>ADA deficiency</i>). Terapi berjalan lancar, namun terhenti karena pro-kontra masalah etika.
1995 M	Transplantasi tulang sumsum dari monyet ke pasien penderita AIDS berhasil dilakukan.
1997 M	Peneliti Scotlandia berhasil mengkloning domba Dolly dengan DNA dari sel domba dewasa. Teknologi DNA baru yang mengkombinasikan PCR, chips DNA, dan program komputer merupakan perangkat baru untuk mencari gen penyebab penyakit.
1998 M	Peneliti dari Universitas Hawaii berhasil mengkloning tikus hingga generasi ke-3 dari inti sel indung telur dewasa. Kulit manusia berhasil diproduksi secara <i>in vitro</i> . Sel punca (<i>stem cells</i>) dari embrio digunakan untuk menumbuhkan sel jaringan dan membuat penyakit abnormalitas (<i>disorders</i>) tiruan.
1999 M	Sandi genetika dari kromosom manusia berhasil diterjemahkan. Polemik pro dan kontra terhadap makanan hasil rekayasa genetika muncul di Eropa. Teknik baru berbasis profil antibodi individu yang unik menjadi metode sidik jari DNA alternatif.
2000 M	Pemetaan genom manusia selesai dilakukan oleh Celera Genomics dan Proyek Genome Manusia. Para peneliti mulai melakukan riset untuk kloning pada babi dan diharap dapat menjadi sarana produksi bagi organ-organ tubuh manusia, untuk transplantasi; Padi transgenik “Golden Rice”, yang direkayasa agar dapat memproduksi vitamin A, harapan bagi dunia ketiga untuk mengurangi penyakit rabun dan kebutaan. Sekuen gen sepanjang 2.18 juta nukleotida pada bakteri <i>Neisseria meningitidis</i> , yang menyebabkan penyakit meningitis, berhasil diidentifikasi.
2001 M	Sekuens genom manusia dipublikasi pada jurnal <i>Science and Nature</i> , membuka peluang bagi peneliti di seluruh dunia untuk mengembangkannya lebih lanjut.

2002 M	Peneliti berhasil membaca sekuens jamur patogen penting pada padi. Jamur ini selalu merusak hamparan tanaman padi, yang dapat memberi makan 60 juta orang setiap tahun. Dengan mempelajari genom padi dan jamur, peneliti bisa membuka tabir interaksi pada level molekuler antara tanaman dan patogen.
2003 M	Domba Dolly, hasil kloning di tahun 1997, di"tidur"kan untuk selama-lamanya karena menderita radang paru-paru kronis. Dolly merupakan mamalia pertama yang berhasil diklon.
2004 M	Iogen Corp. berhasil memproduksi bioetanol secara komersial melalui enzim hasil rekayasa genetika, yang dapat mengurai selulosa biomassa (jerami gandum, batang jagung, ampas tebu).
2005 M	Peneliti dari Universitas Harvard berhasil mengubah sel kulit menjadi sel punca embrio (<i>embryonic stem cell</i>), melalui fusi sel kulit dengan sel punca tersebut.

D. Perkembangan Bioteknologi

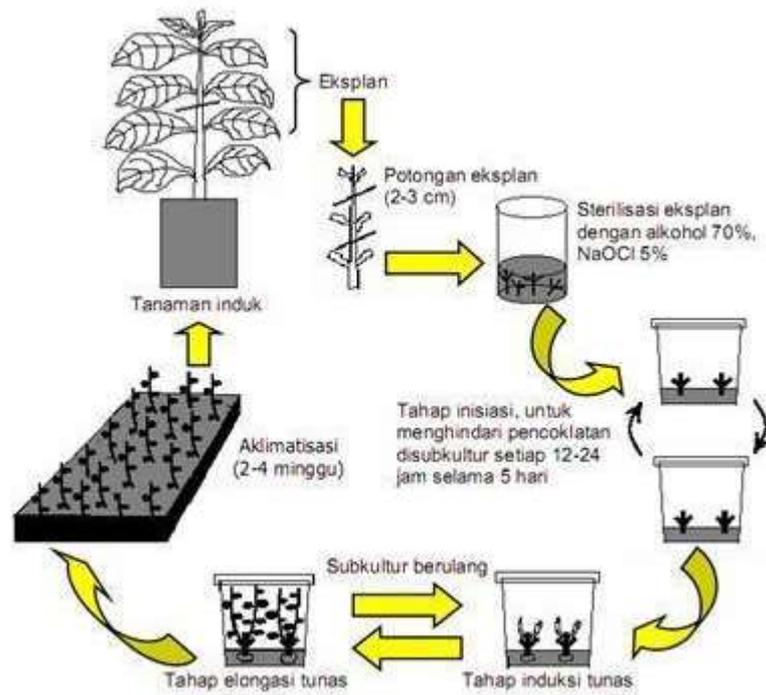
1. Bioteknologi Konvensional

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

2. Bioteknologi Modern

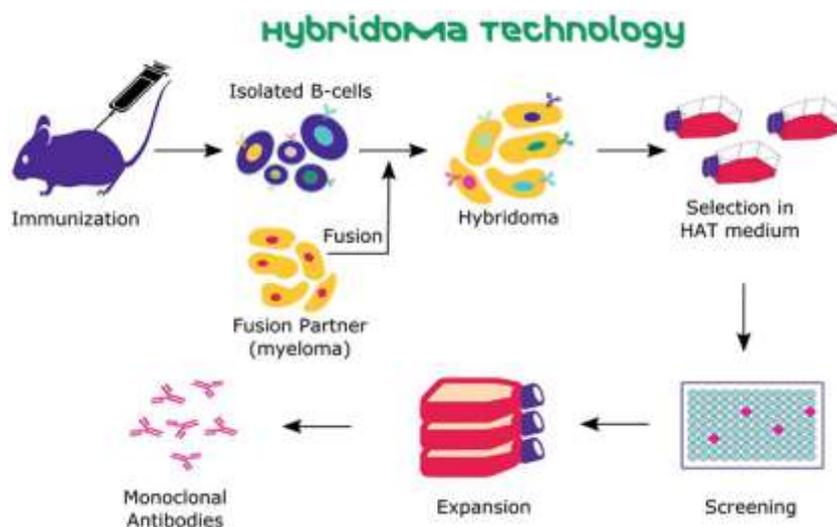
Ciri-ciri bioteknologi modern; steril, produksi dalam jumlah banyak (massal), kualitas standar dan terjamin. Selain itu, bioteknologi modern tidak terlepas dengan aplikasi metode-metode mutakhir bioteknologi (*current methods of biotechnology*) seperti:

- a. 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).



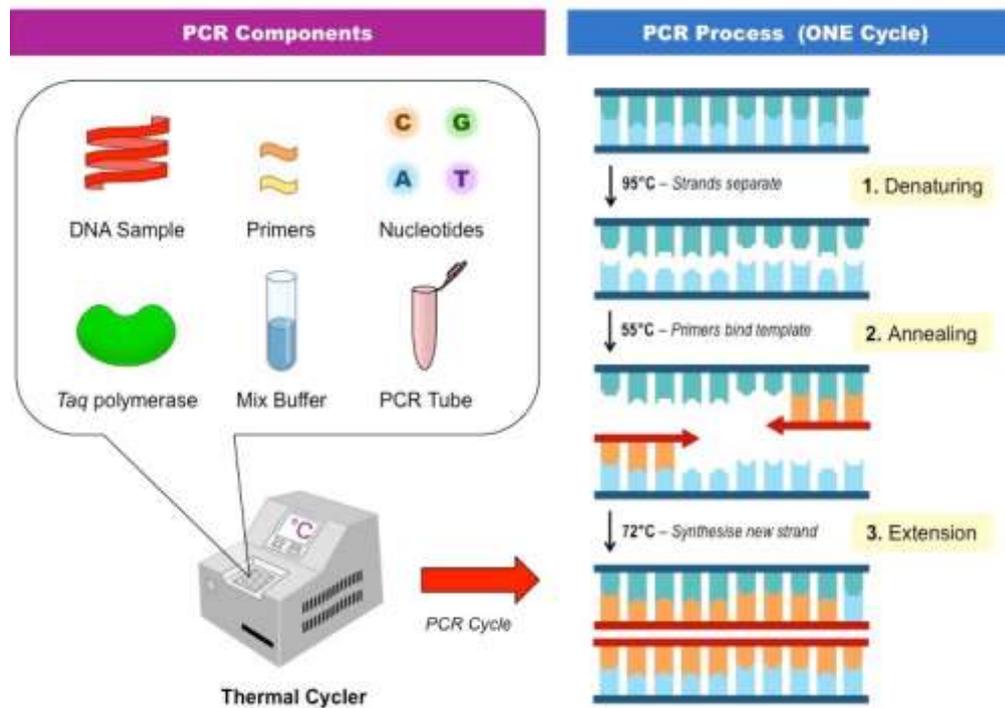
Gambar 2. Skema Kultur Jaringan

- b. 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*).
- c. Hibridoma adalah suatu metode untuk menggabungkan dua macam sel eukariot dengan tujuan mendapatkan sel hibrid yang memiliki kemampuan kedua sel induknya.



Gambar 3. Skema Produksi Antibodi Monoklonal dengan Teknik Hibridoma

- d. Kloning adalah suatu metode untuk menghasilkan keturunan yang dikehendaki sama persis dengan induknya.
- e. *Polymerase chains reaction* (PCR) merupakan metode yang sangat sensitif untuk mendeteksi dan menganalisis sekuen asam nukleat. RT-PCR untuk memperbanyak (amplifikasi) rantai RNA menjadi DNA; tissue/cells → *extracted* → RNA/mRNA → rT-PCR → copy DNA (cDNA).



Gambar 4. Skema PCR

- f. Hibridisasi DNA adalah metode untuk menyeleksi sekuen DNA dengan menggunakan probes DNA untuk hibridisasi (pencangkokan) rantai DNA.

E. Agen Hayati Produk pada Aplikasi Bioteknologi

1. Aplikasi pada bidang pertanian, pangan dan gizi

Pada bidang pertanian, pangan dan gizi bioteknologi bermanfaat dalam pemuliaan tanaman pangan dalam waktu yang singkat dan menghasilkan produk yang melimpah.

- a. Meningkatkan produksi pangan misalnya dengan menciptakan kultivar unggul seperti tanaman padi tahan wereng, kapas tahan hama sehingga dapat meningkatkan hasil panen.

- b. Ternak yang dapat memproduksi asam amino tertentu. Pengolahan makanan; tempe, tape, oncom, kecap. Pengolahan minuman; anggur, bir, yoghurt, tuak, brem, dsb.
- c. Meningkatkan produksi peternakan
- d. Meningkatkan efisiensi dan kualitas pakan seperti manipulasi mikroba rumen
- e. Menciptakan jenis ternak unggul
- f. Menyediakan benih dan induk ikan berkualitas unggul.
- g. Meningkatkan sistem kekebalan ikan dengan menggunakan vaksin, imunostimulan, dan bioremediasi
- h. Aplikasi probiotik pada pakan atau dalam lingkungan perairan budidaya sebagai penyeimbang mikroba dalam pencernaan dan lingkungan perairan.

2. Aplikasi pada bidang farmasi dan kedokteran

Aplikasi bioteknologi di bidang farmasi dan kedokteran antara lain:

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

- a. 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.

- b. Whey sebagai produk sampingan (limbah) industri keju digunakan sebagai substrat fermentasi.
- c. Batang padi (damen) untuk produksi jamur merang.
- d. Bagase (ampas tebu) banyak mengandung ligno selulose.

Peran biotek dalam pemanfaatan bahan sampah organik:

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