

Materi Pelatihan Pendidikan dan Latihan Pendidikan Guru (PLPG)

Materi : Bioteknologi (SMA)

Oleh : Dra. Widi Purwianingsih MSi.

I.Pendahuluan

Bioteknologi merupakan salah satu bidang ilmu yang berkembang sangat pesat dan dianggap sangat revolusioner saat ini. Banyak penemuan-penemuan mengejutkan yang selama ini dianggap hal yang tidak mungkin, dapat terjadi dengan pemanfaatan dalam bidang ini. Kontribusi bioteknologi tidak diragukan lagi terjadi dalam berbagai bidang seperti bidang medis (misalnya penanganan kelainan genetik dan penemuan obat-obat baru); pertanian dan peternakan (penemuan produk tanaman maupun hewan unggul); bidang lingkungan (mengatasi berbagai polutan dalam hal mengatasi polutan serta perannya dalam bidang pangan untuk menemukan berbagai produk olahan baru. Namun di sisi lain kemajuan ini juga telah menimbulkan banyak kontroversi dan ketakutan tak berdasar yang berlebihan karena kurangnya pengetahuan tentang prinsip-prinsip dalam ilmu tersebut. Oleh sebab itu diperlukan pemahaman yang benar tentang prinsip dasar bioteknologi bagi masyarakat termasuk para siswa.

Bioteknologi bukanlah ilmu yang berdiri sendiri. Dalam ilmu ini, terkait ilmu-ilmu penunjang diantaranya meliputi biokimia, mikrobiologi, ilmu kimia, teknik kimia, ilmu pertanian dan ilmu-ilmu lain. Bila kita tinjau istilah bioteknologi, terkandung di dalamnya istilah 'bio' yang berarti hidup. Hal ini menunjukkan bahwa dalam bioteknologi akan selalu terkait penggunaan makhluk hidup sebagai subyek utama yang diolah. Selain itu bioteknologi juga selalu berhubungan dengan usaha-usaha untuk meningkatkan kesejahteraan hidup manusia melalui produksi bahan dan jasa yang biasanya dalam skala luas. Dengan demikian kata kunci dalam bioteknologi adalah: penggunaan makhluk hidup, penggunaan berbagai disiplin ilmu, menghasilkan barang dan jasa dan untuk kesejahteraan manusia.

Berdasarkan kata kunci-kata kunci di atas, pengertian bioteknologi dapat bermacam-macam tergantung pada penekanannya, namun semua aspek di atas selalu akan tercakup di dalamnya. Pengertian Bioteknologi secara konvensional adalah teknologi yang memanfaatkan agen hayati atau bagian-bagiannya untuk menghasilkan barang dan jasa dalam skala industri untuk memenuhi kebutuhan manusia (Royal Society, 1980 dalam Henderson & Knutton, 1990). Pengertian yang lebih umum menyatakan bahwa bioteknologi adalah manipulasi organisme biologis untuk menghasilkan produk yang bermanfaat bagi manusia (Encarta, 2008). Pengertian

lain menyatakan bahwa bioteknologi adalah penggunaan teknologi atau teknik² yang berbasis pada sistem kehidupan (tumbuhan, hewan atau mikroba) untuk menghasilkan suatu produk atau menghasilkan spesies-spesies lain.(Acquaah,2004). Sedangkan jika ditinjau secara lebih modern, bioteknologi adalah pemanfaatan agen hayati atau bagian-bagian yang telah direkayasa secara *in vitro*, untuk menghasilkan barang dan jasa pada skala industri.

II.Prinsip-Prinsip Bioteknologi

Berdasarkan berbagai pengertian tentang bioteknologi yang telah diuraikan di atas, dapat dikatakan bahwa dalam bioteknologi terkandung prinsip-prinsip tertentu yang menjadi dasar dari ilmu tersebut. Prinsip-prinsip tersebut meliputi : menggunakan/melibatkan makhluk hidup (terutama mikroorganisme), memanipulasi DNA makhluk hidup , menghasilkan produk yg termodifikasi/produk baru dan melibatkan banyak disiplin ilmu .

Bioteknologi menggunakan makhluk hidup sebagai bahan yang diproses untuk menghasilkan suatu produk atau jasa. ada beberapa alasan mengapa makhluk hidup menjadi subyek yang selalu digunakan dalam bioteknologi. Alasan pertama adalah karena makhluk hidup senantiasa berkembang biak dan merupakan sumber daya alam yang selalu dapat diperbaharui. Selain itu makhluk hidup relative mudah diperoleh. alasan berikutnya adalah jika makhluk hidup dikembangkan secara aseksual dan dipelihara terus menerus, akan selalu memiliki sifat yang tetap. Sifat makhluk hidup juga dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan manusia misalnya melalui persilangan, penyambungan gen dan mutasi. Alasan lain dan yang paling penting adalah bahwa makhluk hidup dapat menghasilkan berbagai macam produk yang dibutuhkan manusia.

Penggunaan makhluk hidup pada bioteknologi, terutama ditekankan pada penggunaan mikroorganisme seperti virus, bakteri, jamur, alga dan Protista. Mikroorganisme dijadikan subyek dalam bioteknologi karena beberapa alasan yaitu :

- Reproduksinya sangat cepat
- Mudah diperoleh dari lingkungan
- DNA/gennya relative sedikit, sehingga mudah dimodifikasi.
- Dapat menghasilkan berbagai produk yang dibutuhkan manusia tanpa mengenal iklim atau musim.
- Mudah dikembangbiakkan.

Bioteknologi juga melibatkan manipulasi DNA makhluk hidup. Telah diketahui bahwa sumber utama sifat-sifat makhluk hidup terletak pada DNA/gen. Dari DNA lah dimulainya kemampuan makhluk hidup untuk menghasilkan sesuatu produk. Oleh karena itu secara logis dapat dikatakan bahwa dengan memanipulasi DNA atau gen lah, kita dapat memperoleh /memproduksi bahan-bahan tertentu yang bermanfaat.

Bioteknologi juga dapat menghasilkan produk yang termodifikasi dan biasanya produk tersebut berkualitas lebih baik dari produk asalnya. Dapat dikatakan bahwa bioteknologi dikembangkan untuk meningkatkan nilai tambah suatu bahan mentah menjadi produk baru melalui suatu proses untuk menghasilkan produk yang termodifikasi. Sebagai contoh sederhana, kita dapat mengubah susu menjadi produk-produk lain yang termodifikasi seperti keju, mentega atau yoghurt dengan memanfaatkan kerja enzim yang ada dalam jamur atau bakteri tertentu. Contoh lain yang lebih modern misalnya kita dapat menghasilkan antibiotic dengan spectrum yang lebih luas dalam membunuh bakteri dengan memodifikasi gen pada jamur atau bakteri penghasil antibiotic tersebut. Contoh lain kita dapat menghasilkan tanaman yang berumbi kentang sekaligus berbuah tomat dengan cara fusi protoplas melalui kultur jaringan.

Prinsip penting lain dalam bioteknologi adalah digunakannya banyak disiplin ilmu. Ilmu-ilmu yang terkait langsung misalnya biologi, mikrobiologi, biologi molekuler, genetika, kimia, biokimia, teknik kimia sedangkan ilmu-ilmu penunjang bioteknologi misalnya ilmu pertanian, peternakan, matematika dan lain-lain.

III. Metode Utama dalam Bioteknologi

Proses bioteknologi membutuhkan berbagai cara atau metode untuk menghasilkan berbagai produk yang diinginkan. Secara umum kita dapat mengolompokkan metode-metode tersebut ke dalam empat metode utama yaitu : Fermentasi, Rekayasa Genetik, Kultur Jaringan dan Teknologi Hibridoma.

A. Fermentasi.

Seperti diketahui, berbagai mikroorganisme dapat membantu bermacam proses pembuatan produk terutama bahan pangan atau mengubah bahan pangan tertentu menjadi bentuk lain. Sejak dulu manusia telah menggunakan mikroorganisme untuk pengolahan bahan pangan.

Proses ini umum disebut proses fermentasi. Melalui proses ini dapat dihasilkan berbagai jenis bahan pangan seperti keju, roti, yoghurt, kecap, tempe dan lain-lain. Namun saat ini penggunaan proses fermentasi sudah berkembang bukan hanya dapat menghasilkan bahan-bahan makanan yang sudah umum dikenal, tetapi juga menghasilkan bahan-bahan lain yang juga sangat bermanfaat. Produk-produk hasil fermentasi yang dapat dihasilkan melalui bioteknologi selain bahan-bahan yang telah disebutkan, meliputi produksi Protein Sel Tunggal (PST), produksi asam amino-asam amino, vitamin dan enzim.

PST merupakan protein yang berasal dari organisme bersel tunggal atau bersel banyak yang strukturnya sederhana. Protein Sel tunggal mempunyai beberapa kelebihan dibanding protein dari sumber lain. Kelebihannya tersebut diantaranya : laju pertumbuhan sangat cepat, untuk hidupnya dapat menggunakan berbagai media atau substrat, produksinya tidak tergantung iklim atau musim dan yang lebih penting memiliki kandungan protein yang lebih tinggi dari pada hewan dan tumbuhan. Karena kelebihan-kelebihan tersebut, PST sering disebut sebagai ‘protein masa depan’. PST dapat dihasilkan oleh beberapa kelompok mikroorganisme seperti alga *Spirulina*, *Chlorella* dan *Scenedesmus*, khamir *Candida utilis* dan dari kapang berfilamen seperti *Fusarium gramineum*.

Produk lain yang dihasilkan melalui proses fermentasi juga meliputi asam amino ,vitamin dan enzim. Tabel 1 menyajikan mikroorganisme-mikroorganisme penghasil asam amino dan vitamin dan table 2 menyajikan mikroorganisme penghasil enzim.

Tabel 1. Mikroorganisme yang digunakan dalam produksi Asam Amino dan Vitamin.

Jenis Mikroorganisme	Produk Asam Amino	Produk Vitamin
<i>Corynebacterium glutamicum</i>	Treonin & Lisin	-
<i>Micrococcus glutamicus</i>	Lisin	-
<i>Brevibacterium sp</i>	Glutamat	-
<i>Pseudomonas sp</i>	-	Vitamin B12
<i>Propionibacterium sp</i>	-	Vitamin B12
<i>Ashbya gossypii</i>	-	Riboflavin
<i>Sterptomyces oliveus</i>	-	Kobalamin
<i>Propionibacterium freudenreichii</i>	-	Kobalamin

Tabel 2. Mikroorganisme yang digunakan dalam produksi Enzim.

Jenis Mikroorganisme	Produksi Enzim	Penggunaan
<i>Bacillus coagulan</i>	Glukosa isomerase	Produksi sucrose dari sirup jagung
<i>Aspergillus niger</i>	Glukosa oksidase	Pemisahan oksigen dari jus buah
<i>Aspergillus niger</i>	Pektinase	Fermentasi kopi
<i>Mucor sp</i>	Renin	Produksi keju
<i>Bacillus subtilis</i>	Protease	'meat tenderizer'
<i>Aspergillus oryzae</i>	Protease	Penghalus roti
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Invertase	Hidrolisis sukrosa jadi fruktosa & glukosa
<i>Leuconostoc mesentroides</i>	Sukrase	Sebagai dekstran pengganti plasma darah

B. Rekayasa Genetik

Rekayasa genetic dapat diartikan sebagai manipulasi gen untuk mendapatkan produk baru dengan cara membuat DNA rekombinan melalui penyisipan gen. DNA rekombinan sendiri berarti DNA yang urutannya telah direkombinasikan agar memiliki sifat-sifat atau fungsi yang diinginkan sehingga organisme target/penerima mengekspresikan sifat atau melakukan fungsi yang diinginkan. Secara umum langkah-langkah yang dilakukan dalam rekayasa genetic meliputi : Identifikasi gen yg diinginkan (dapat melalui sintesis DNA *de novo* atau isolasi mRNA), pemotongan gen menggunakan enzim endonuklease restriksi, memasukkan gen yg diinginkan dalam vektor (berupa plasmid atau virus), memasukkan vektor yang telah membawa gen yg diinginkan (DNA rekombinan) ke sel inang dan memperbanyak sel inang yang telah berhasil mengekspresikan gen yang diinginkan . Penjelasan secara detail tentang proses rekayasa genetic dan contoh-contoh produk rekayasa genetic, akan dibahas dalam bab tersendiri.

C. Kultur Jaringan

Kultur jaringan merupakan metode atau teknik menumbuhkan jaringan atau sel dalam suatu medium buatan untuk menjadi suatu produk/menjadi individu baru secara aseptik. Setiap jaringan atau sel pada dasarnya mampu tumbuh menjadi individu baru asalkan diperlihara dalam kondisi/lingkungan yang sesuai. Kemampuan sel atau jaringan untuk umbuh menjadi individu baru inilah yang kita kenal dengan kemampuan totipotensi. Sel tumbuhan memiliki sifat totipotensi lebih besar daripada sel hewan. Kultur jaringan atau kultur sel dalam menghasilkan

individu baru, pada prinsipnya termasuk suatu teknik pengklonan (cloning) dan merupakan perbanyakkan secara aseksual/vegetative.

Untuk memperbesar keberhasilan kultur jaringan, potongan jaringan /eksplan sebaiknya berasal dari jaringan muda yang sedang tumbuh (bersifat meristematis) seperti ujung akar, ujung tunas, atau daun muda. Eksplan dapat berasal dari beberapa bagian tumbuhan. Kultur jaringan sering diberi nama lebih spesifik berdasarkan eksplan yang digunakan. Kultur meristem menggunakan jaringan akar, batang dan daun yang masih muda dan bersifat meristematis. Kultur anter, menggunakan kepala sari sebagai sumber eksplan. Kultur embrio, menggunakan embrio sebagai eksplan, kultur protoplas menggunakan sel tanpa dinding dan kultur polen menggunakan serbuk sari sebagai eksplannya.

Eksplan yang steril selanjutnya ditanam secara steril pula dalam medium. Medium yang digunakan dalam kultur jaringan harus mengandung unsure-unsur makro (C,H,O,N,S,P,K,Ca,Mg dan Fe) dan mikronutrien (Zn,Mn,Bo,Mo,Si,Al,Cl dan Na). Unsur-unsur tersebut dalam medium diberikan dalam bentuk garam-garam. Selain unsure-unsur makro dan mikronutrien, dalam medium juga ditambahkan sumber energy berupa karbohidrat(sukrosa), vitamin dan agar (dalam medium padat). Untuk menginduksi pembentukkan organ atau diferensiasi jaringan menjadi organ, diperlukan sejumlah komposisi tertentu dari hormone tumbuhan. Hormon tumbuhan yang umum digunakan adalah dari golongan auksin (misalnya IAA, NAA,2,4-D) dan sitokinin (misalnya BAP dan kinetin).

Beberapa keuntungan yang diperoleh dari metode kultur jaringan diantaranya meliputi :

- dapat melestarikan plasma nutfah
- dapat melestarikan sifat tanaman induk
- menghasilkan tanaman yang seragam dalam waktu singkat dan dalam jumlah banyak.
- dapat menghasilkan tanaman bebas virus
- menghasilkan metabolit sekunder tumbuhan yang bermanfaat bagi manusia
- dapat menghasilkan variasi-variasi tanaman baru melalui rekayasa genetic.

Adapun dalam melakukan kultur jaringan, diperlukan langkah-langkah tertentu yang harus dipahami agar metode tersebut berhasil. Secara singkat langkah tersebut meliputi : tahap persiapan yang terdiri dari pembuatan medium dan sterilisasi medium, serta penyediaan eksplan.

Selanjutnya dilakukan penanaman eksplan ke dalam medium. Penanaman harus dilakukan dalam kondisi steril sehingga perlu dilakukan dalam suatu ruang tertentu yang disebut *laminar airflow*. Eksplan yang akan ditanam juga terlebih dahulu harus disterilkan. Setelah dilakukan penanaman, jaringan yang telah dikultur, dipelihara dalam ruang kultur dengan kondisi fisik tertentu, sampai menghasilkan respon yang kita inginkan.

D. Teknologi Hibridoma

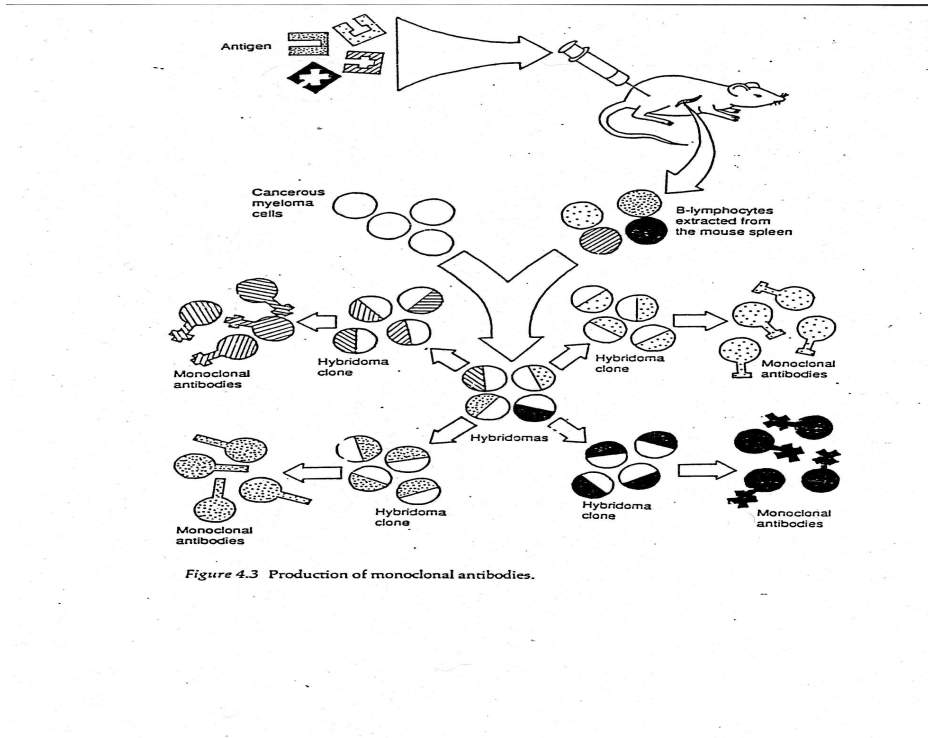
Teknologi hibridoma sebenarnya dapat dikatakan sebagai bagian dari teknik rekayasa genetic karena di dalamnya terlibat manipulasi genetic akibat adanya hibridisasi antara dua atau lebih sel dengan sifat yang berbeda. Dalam teknik hibridoma terjadi penggabungan dua sel dari organisme yang berbeda atau dari organisme yang sama, untuk menghasilkan sel tunggal hasil hibridisasi. Hibridoma juga dapat dikatakan sebagai penggabungan antara suatu sel dengan sifat-sifat tertentu yang diinginkan (karena dapat menghasilkan produk yang bermanfaat) dengan sel kanker (sel oma) sehingga menghasilkan produk tersebut dalam sel hibridoma. Penggunaan sel kanker dalam hibridoma disebabkan sel kanker dapat berkembang pesat secara cepat, sehingga dengan melakukan penggabungan dengan sel tersebut, produk yang diinginkan dari sel tertentu tadi dapat diperoleh dalam jumlah banyak dan dalam waktu singkat. Contoh penggunaan metode/teknologi hibridoma dalam bioteknologi adalah dalam pembuatan antibody dan hormone dalam jumlah besar.

Antibodi monoclonal adalah antibody yang diperoleh dari sumber tunggal atau klon yang hanya dapat mengenali satu jenis antigen. Antibody monoclonal dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal. Para ilmuwan berharap dapat menggunakan antibody monoclonal untuk mengobati kanker. Beberapa jenis kanker membuat antigen yang berbeda dengan protein yang dibuat oleh sel-sel sehat. Dengan teknologi hibridoma, dapat dibuat antibody monoclonal yang hanya menyerang protein yang terkandung dalam sel kanker saja tanpa mempengaruhi sel-sel sehat. Kegunaan lain dari antibody monoclonal meliputi :

- untuk mendeteksi kandungan hormone korionik gonadotropin (HCG) dalam urin, sehingga dapat mendeteksi terjadinya kehamilan.
- untuk mengikat racun dan menonaktifkannya, contohnya racun tetanus dan kelebihan digoxin .

- mencegah penolakan jaringan terhadap sel hasil transplantasi jaringan lain.

Berdasarkan gambar di bawah ini, akan dijelaskan secara ringkas pembuatan antibody monoclonal dengan teknologi hibridoma.



Langkah pertama adalah menginjeksikan antigen ke tubuh kelinci atau tikus percobaan, kemudian limpa yang mengandung sel-sel B-limposit dilebur dengan sel-sel myeloma (sel kanker). Sekitar 1% dari sel limpa adalah sel plasma yang menghasilkan antibody. Sedangkan 10% sel hibridoma akhir terdiri dari sel yang menghasilkan antibody. Setiap sel hibridoma hanya menghasilkan satu antibody. Selanjutnya dikembangkan teknik seleksi untuk mengidentifikasi sel-sel tersebut dan kemudian dilakukan pengklonan berikutnya. Klon yang diperoleh dari hibridoma berupa antibody monoclonal. Antibodi monoclonal dapat disimpan dalam keadaan beku dan selanjutnya bila diperlukan dapat diinjeksikan ke dalam tubuh hewan atau dibiakkan dalam suatu kultur untuk menghasilkan antibody dalam jumlah besar.

IV. Peran Bioteknologi dalam Bidang Lingkungan

Salah satu peran bioteknologi yang cukup menonjol adalah dalam bidang lingkungan. Dalam bidang ini, mikroorganisme memegang peranan sangat penting, terutama dalam

penguraian limbah dan penanggulangan pencemaran. Beberapa pengembangan penggunaan mikroorganisme yang lebih mutakhir, dapat membantu melindungi lingkungan dari kerusakan yang serius. Misalnya kerusakan lingkungan akibat penyemprotan lahan pertanian dengan pestisida kimia beracun. Pestisida biologi berupa mikroorganisme yang mengurangi populasi hama, mulai menggantikan bahan-bahan kimia.

A. Pengolahan Air Limbah

Air limbah adalah air buangan yang telah digunakan untuk berbagai kebutuhan. Jika air limbah tersebut tidak diolah, maka selain dapat menimbulkan berbagai penyakit air limbah tersebut dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Jalan keluar dari masalah ini adalah mengolah limbah dan mengubahnya menjadi kurang beracun dan menjadi bahan yang berguna. Dengan bioteknologi, pengolahan limbah menjadi lebih terkontrol dan efektif.

Pengolahan limbah secara bioteknologi melibatkan kerja bakteri aerob maupun anaerob. Secara umum mekanisme yang harus dilalui dalam pemrosesan air limbah adalah : menghilangkan sisa-sisa terakhir benda padat yang tersuspensi, menghilangkan gangguan yang tidak dikehendaki dan menghilangkan rasa, warna, bau dan mengurangi kandungan zat terlarut. Jadi rangkaian proses yang terlibat dalam pengolahan limbah meliputi : pengumpulan, pemilahan, pengaliran limbah, pengendapan dan proses aerob. Salah satu teknik penyaringan air buangan adalah dengan cara pengaktifan lumpur, yaitu dengan menggunakan mikroba aerobik. Beberapa mikroba yang umum digunakan dalam teknik ini adalah *Pseudomonas*, *Nitrobacter*, *Nitrosomonas*, *Thiobacillus*, dan *Ferrobacillus sp.*

B. Pengolahan Limbah Minyak

Pencemaran air oleh minyak sangat sering terjadi di laut, sungai dan perairan lainnya. Minyak sangat resisten terhadap degradasi oleh mikroba. Dengan Bioteknologi, telah ditemukan cara untuk menguraikan minyak dengan menggunakan suatu jenis jamur yaitu *Cladosporium resinae*. Jamur ini selain dapat mendegradasi minyak dengan memecahkan ikatan hidrokarbon, juga dapat mendegradasi plastic dan paraffin dengan efektif. Mikroba lain yang dapat digunakan untuk mendegradasi minyak adalah bakteri *Pseudomonas* hasil rekayasa genetic yang dilakukan oleh Dr. Chakrabarty, yang juga dapat memecah ikatan hidrokarbon dalam minyak.

Cara lain untuk mengatasi tumpahan minyak adalah menggunakan pengemulsi yang menyebabkan minyak bercampur dengan air sehingga dapat dipecah oleh mikroba. Salah satu pengemulsi adalah polisakarida yang disebut *emulsan* yang diproduksi oleh bakteri *Acinetobacter calcoaceticus*.

C. Biodegradasi Plastik

Plastik merupakan salah satu materi yang sangat sulit diuraikan secara alamiah. Untuk menguraikannya sampah plastic biasanya dibakar, padahal pembakaran plastic menimbulkan polutan yang berbahaya bagi paru-paru. Saat ini telah berhasil dikembangkan bahan plastic dari politen dan polyester poliuretan yang bermassa rendah. Plastik dari bahan tersebut dapat didegradasi oleh jamur *Cladosporium resinae*.

Telah ditemukan bentuk plastic yang *biodegradable* untuk industry pengemasan. Produksi plastic ini didasarkan pada bahan kimia *polihidroksibutirat* yang dihasilkan beberapa mikroba. Plastik ini tidak hanya dapat terurai, tetapi juga dapat dibuat oleh mikroba *Alxaligenes euthorpus*. Plastik jenis lain yang juga *biodegradable* adalah *pululan*, yang diproduksi secara komersial dari polisakarida yang dihasilkan oleh *Aerobasidium pullulan*.

V. Implikasi Bioteknologi bagi Kehidupan

Telah diuraikan di atas bahwa bioteknologi membawa banyak sekali manfaat bagi kehidupan terutama bagi manusia. Akan tetapi tidak dapat dipungkiri bahwa bioteknologi juga dapat menimbulkan berbagai permasalahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia apabila tidak terkontrol dan tidak dimanfaatkan di jalur yang benar.

Bioteknologi dapat berbahaya bagi manusia bila dimanfaatkan untuk hal-hal tertentu seperti digunakan untuk menciptakan senjata biologis, memunculkan strain-strain jahat atau dapat mengganggu keseimbangan lingkungan karena terbentuknya 'mahluk hidup baru' yang selama ini belum pernah ada. Dikhawatirkan organisme baru tersebut dapat mengganggu keseimbangan lingkungan. Jika organisme dengan sifat baru tersebut mendominasi lingkungan dan unggul dalam kompetisi lingkungan, organisme alami lainnya akan tersingkir dan keseimbangan lingkungan akan terganggu.

Guna mencegah timbulnya bahaya bioteknologi, perlu dilakukan usaha-usaha misalnya dengan :

- membuat peraturan agar ada ijin atau rekomendasi sebelum dilakukannya suatu proses rekayasa genetic.
- dikeluarkannya larangan untuk melakukan pengklonan manusia dengan alasan apapun.
- ditetapkannya undang-undang yang melarang pembuatan senjata biologis yang berlaku untuk semua Negara di dunia.
- mengawasi secara ketat kondisi laboratorium bioteknologi yang berpotensi menghasilkan bahaya atau pencemaran.

Selain isu tentang bahaya bioteknologi bagi umat manusia, isu yang juga berkembang saat ini adalah bahwa bioteknologi juga harus memperhatikan nilai dan norma yang berlaku di suatu masyarakat. Hal ini penting karena dengan memperhatikan norma dan nilai yang berlaku, secara tidak langsung dapat mencegah pemanfaatan bioteknologi untuk maksud-maksud yang tidak baik. Selain itu dengan penemuan-penemuan bioteknologi yang sangat controversial seperti pengklonan hewan atau manusia, dapat mempengaruhi dan mengubah norma dan nilai dalam suatu masyarakat, atau minimal dapat menjadi suatu bahan perdebatan yang berkepanjangan. Dengan demikian diperlukan kebijaksanaan dan kearifan yang memadai untuk menentukan produk bioteknologi mana yang dapat digunakan dan yang tidak pantas digunakan sesuai dengan norma dan nilai di masyarakat tersebut.