

BAHAN AJAR

# BIOTEKNOLOGI PETERNAKAN

**PENYULUHAN PETERNAKAN DAN KESEJAHTERAAN HEWAN**

POLITEKNIK PEMBANGUNAN PERTANIAN MALANG

Oleh :

**Dr. NOVITA DEWI KRISTANTI, S.Pt, M.Si**

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan rahmatnya sehingga Modul Bioteknologi Peternakan ini dapat disusun hingga rampung. Penyusun mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang banyak membantu dalam proses penyusunan modul ini. Manusia tidak luput dari kesalahan, sehingga penyusun mengharapkan koreksi yang konstruktif untuk perbaikan modul ini. Akhir kata, penyusun berharap modul ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, 2018

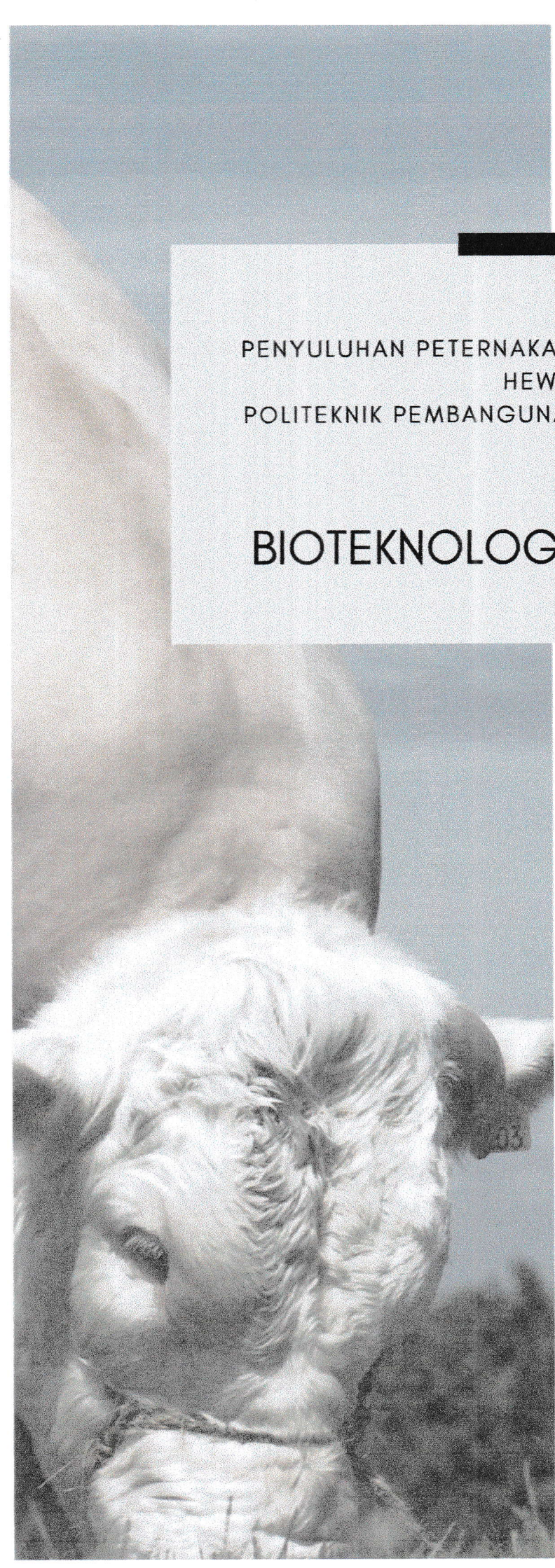
Penyusun

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	ii
Daftar Tabel .....	iii
bab 1 Pengantar Bioteknologi .....	4
Bab 2 Bioteknologi Mikroorganisme .....	17
Bab 331 Bioteknologi Pangan .....	31
Bab 4 Penerapan Bioteknologi Pada Reproduksi Ternak .....	37
Bab 5 Bioteknologi Pada Pakan Ternak .....	43
Bab 6 Bioteknologi Pada Kesehatan Ternak .....	47
Daftar Pustaka .....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Enzim Dan Sumber Serta Aplikasinya Bagi Pangan.....	28
Tabel 2. Kronologi Sejarah Bioteknologi Pangan.....	31
Tabel 3. Jenis Mikroorganisme Penghasil Antibiotik .....	50



PENYULUHAN PETERNAKAN DAN KESEJAHTERAAN  
HEWAN  
POLITEKNIK PEMBANGUNAN PERTANIAN MALANG

# BIOTEKNOLOGI PETERNAKAN

Oleh :

**Dr. NOVITA DEWI KRISTANTI, S.Pt, M.Si**

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan rahmatnya sehingga Modul Bioteknologi Peternakan ini dapat disusun hingga rampung. Penyusun mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang banyak membantu dalam proses penyusunan modul ini. Manusia tidak luput dari kesalahan, sehingga penyusun mengharapkan koreksi yang konstruktif untuk perbaikan modul ini. Akhir kata, penyusun berharap modul ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, 2018

Penyusun

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	i
Daftar Isi.....	ii
Daftar Tabel .....	iii
Bab 1 Pengantar Bioteknologi.....	4
Bab 2 Bioteknologi Mikroorganisme.....	17
Bab 3 Bioteknologi Pangan .....	31
Bab 4 Penerapan Bioteknologi Pada Reproduksi Ternak.....	37
Bab 5 Bioteknologi Pada Pakan Ternak.....	43
Bab 6 Bioteknologi Pada Kesehatan Ternak .....	47
Daftar Pustaka .....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Enzim Dan Sumber Serta Aplikasinya Bagi Pangan.....	28
Tabel 2. Kronologi Sejarah Bioteknologi Pangan.....	31
Tabel 3. Jenis Mikroorganisme Penghasil Antibiotik .....	50



## **BAB 1**

### **PENGANTAR BIOTEKNOLOGI**

---

#### **PENGERTIAN BIOTEKNOLOGI**

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 kerekayasaan 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 mikroorganisme, bagian-bagian mikroorganisme 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 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.



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

1. Agen biologis (mikroorganisme, enzim, sel tanaman, sel hewan)
2. Pendayagunaan secara teknologis dan industrial
3. Produk dan jasa yang diperoleh. Dahulu bioteknologi dianalogikan dengan industri mikrobiologi (industri yang berbasis pada peran agen-agen mikrobial). 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.

## 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 mikroorgansime untuk membuat bir, anggur, vinegar, keju, tuak, yoghurt dsb. Bioteknologi telah mengalami perkembangan sesuai jamannya 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 ke dalam 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.

Kompetensi 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.

Aplikasi bioteknologi sesungguhnya telah berlangsung cukup lama, dalam peradapan manusia; seperti upaya produksi antibiotik, fermentasi, alcohol, pangan dan teknologi pengolahan limbah ; yang kesemuanya dapat dikelompokan ke dalam biteknologi konvensional. Tetapi mengapa nampaknya biteknologi baru saja berkembang pada kurun abad ke dua puluh ini? Karena secara implisit yang dimaksud bioteknologi adalah biteknologi modern, yang intinya adalah rekayasa genetik, dengan teknik gen kloning yang berkembang berdasar penemuan struktur dan fungsi DNA oleh Watson dan Creck.

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”

## **BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL VS BIOTEKNOLOGI MODERN**

Secara umum, bioteknologi dapat diklasifikasikan menjadi dua aras yaitu: bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern.

Kelebihan bioteknologi konvensional adalah relatif murah, teknologinya relatif sederhana, dan pengaruh jangka panjang umumnya sudah diketahui karena sistemnya sudah mapan. Kekurangan bioteknologi konvensional adalah perbaikan sifat genetik tidak terarah, tidak dapat mengatasi masalah ketidaksesuaian (inkompatibilitas) genetik, hasilnya tidak dapat diperkirakan sebelumnya, memerlukan waktu relatif lama untuk menghasilkan galur baru, dan seringkali tidak dapat mengatasi kendala alam dalam sistem budidaya tanaman, misalnya hama.

Sementara, kelebihan bioteknologi modern adalah perbaikan sifat genetik dilakukan secara terarah, dapat mengatasi kendala ketidaksesuaian genetik, hasil dapat diperhitungkan, dapat menghasilkan jasad baru dengan sifat baru yang tidak ada pada jasad alami, dapat memperpendek jangka waktu pengembangan galur tanaman baru, dan dapat meningkatkan kualitas dan mengatasi kendala alam dalam sistem budidaya tanaman. Kekurangan bioteknologi modern antara lain relatif mahal, memerlukan kecanggihan teknologi, dan pengaruh jangka panjang belum diketahui.

## **CABANG BIOTEKNOLOGI**

Bioteknologi memiliki beberapa jenis atau cabang ilmu seperti diantaranya diasosiasikan dengan beberapa jenis warna, yaitu :

1. *Bioteknologi merah (red biotechnology)* adalah cabang ilmu bioteknologi yang mempelajari aplikasi bioteknologi di bidang medis. Cakupannya meliputi seluruh spektrum pengobatan manusia, mulai dari tahap preventif, diagnosis, dan pengobatan. Contoh penerapannya adalah pemanfaatan organisme untuk menghasilkan obat dan vaksin, penggunaan sel induk untuk pengobatan regeneratif, serta terapi gen untuk mengobati penyakit genetik dengan cara menyisipkan atau menggantikan gen abnormal dengan gen yang normal.
2. *Bioteknologi putih/abu-abu (white/gray biotechnology)* adalah bioteknologi yang diaplikasikan dalam industri seperti pengembangan dan produksi senyawa baru serta pembuatan sumber energi terbarukan. Dengan memanipulasi mikroorganisme seperti bakteri dan khamir/ragi, enzim-enzim juga organisme-organisme yang lebih baik telah tercipta untuk memudahkan proses produksi dan pengolahan limbah industri. Pelindian (*bleaching*) minyak dan mineral dari tanah untuk meningkatkan efisiensi pertambangan, dan pembuatan bir dengan khamir.

3. *Bioteknologi hijau (green biotechnology)* mempelajari aplikasi bioteknologi di bidang pertanian dan peternakan. Di bidang pertanian, bioteknologi telah berperan dalam menghasilkan tanaman tahan hama, bahan pangan dengan kandungan gizi lebih tinggi dan tanaman yang menghasilkan obat atau senyawa yang bermanfaat. Sementara itu, di bidang peternakan, binatang-binatang telah digunakan sebagai "bioreaktor" untuk menghasilkan produk penting contohnya kambing, sapi, domba, dan ayam telah digunakan sebagai penghasil antibodi-protein protektif yang membantu sel tubuh mengenali dan melawan senyawa asing (antigen).
4. *Bioteknologi biru (blue biotechnology)* disebut juga bioteknologi akuatik/perairan yang mengendalikan proses-proses yang terjadi di lingkungan akuatik. Salah satu contoh yang paling tua adalah akuakultura, menumbuhkan ikan bersirip atau kerangkerangan dalam kondisi terkontrol sebagai sumber makanan, (diperkirakan 30% ikan yang dikonsumsi di seluruh dunia dihasilkan oleh akuakultura). Perkembangan bioteknologi akuatik termasuk rekayasa genetika untuk menghasilkan tiram tahan penyakit dan vaksin untuk melawan virus yang menyerang salmon dan ikan lainnya. Contoh yang lain adalah salmon transgenik yang memiliki hormon pertumbuhan secara berlebihan sehingga menghasilkan tingkat pertumbuhan sangat tinggi dalam waktu yang singkat.

## **ILMU DAN TEKNOLOGI PENDUKUNG TEKNOLOGI**

Para ahli menerjemahkan fenomena-fenomena alam dengan berbagai metode ilmiah dan dirangkum menjadi suatu ilmu. Ilmu selanjutnya dikembangkan dan diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari dengan bentuk teknologi. Beberapa ilmu dan teknologi yang mendukung bioteknologi adalah sebagai berikut.

### **1. Mikrobiologi**

Mikrobiologi merupakan cabang biologi yang mempelajari tentang mikroorganisme atau jasad renik. Pengetahuan tentang sifat-sifat dan struktur mikroorganisme mendukung kemajuan bioteknologi. Misalnya, mikroorganisme berupa bakteri dapat tumbuh pada kisaran suhu tertentu. Pengetahuan mengenai bakteri ini dapat digunakan untuk membuat yoghurt, yang menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus*, pada kisaran suhu tertentu.

### **2. Biologi Sel**

Biologi sel merupakan cabang biologi yang mempelajari tentang sifat-sifat dan struktur sel. Pengetahuan mengenai sifat protoplasma suatu sel yang dapat berfusi atau bergabung dengan protoplasma sel lain pada spesies yang sama maupun berbeda, bermanfaat bagi aplikasi fusi sel untuk meningkatkan keragaman hayati. Fusi sel tersebut dapat dilakukan pada

sel tanaman kedelai dengan jagung, serta sel tanaman kedelai dengan kacang kapri. Contoh lainnya, pengetahuan mengenai sifat totipotensi pada sel-sel tanaman bermanfaat untuk kultur jaringan. Totipotensi merupakan kemampuan sel-sel tanaman untuk berdiferensiasi dan tumbuh menjadi berbagai organ dan membentuk tanaman yang baru.

### 3. Genetika

Genetika merupakan cabang biologi yang mempelajari pewarisan sifat-sifat genetik makhluk hidup dari suatu generasi ke generasi berikutnya. Pemahaman mengenai bentuk dan karakteristik materi pewaris sifat, yaitu DNA (gen) akan membantu percepatan kemajuan bioteknologi. Tanaman transgenik tomat yang tahan disimpan lama, insulin manusia yang disintesis dari bakteri *Escherichia coli* dan lainnya merupakan penerapan ilmu genetika dalam bioteknologi.

### 4. Biokimia

Biokimia merupakan cabang ilmu kimia yang mempelajari makhluk hidup dari aspek kimianya. Biokimia menganggap hidup adalah kimia, gejala hidup adalah gejala kimia dan proses-proses hidup diselenggarakan atas dasar reaksi dan peristiwa kimia. Dengan biokimia maka ahli bioteknologi memperlakukan makhluk hidup sebagai bahan kimia yang dapat dipadukan dan direkayasa.

### 5. Imunologi

Imunologi mempelajari semua aspek sistem imun (kekebalan tubuh) dalam merespons atau melawan mikroorganisme atau unsur asing penyebab penyakit (seperti virus, bakteri, dan racun dari bakteri), termasuk struktur dan fungsi sistem imun, kegagalan pada sistem imun, imunisasi, dan transplantasi organ tubuh.

Semenjak Edward Jenner memperkenalkan vaksin dalam mencegah penyakit cacar di tahun 1796, pemahaman kita tentang imunologi berkembang pesat, antara lain tentang peranan mikroorganisme dalam menimbulkan penyakit, interaksi sel pembentuk antibodi dan antigen, serta implikasi dari sistem imun mulai disadari. Antigen, seperti bakteri berikut racunnya, memicu pembentukan antibodi dalam darah setelah adanya serangan penyakit infeksi. Riset terhadap AIDS sangat intensif dilakukan untuk mengetahui mekanisme defisiensi sistem imun, serta penyakit-penyakit yang timbul karena autoimun, seperti rheumatoid, arthritis, lupus erythematosus, yang terjadi karena reaksi pertahanan tubuh yang berlebihan terhadap komponen miliknya sendiri.

### 6. Teknologi Bioinformatika dan Biologi Komputasi

Teknologi bioinformatika mengembangkan algoritma, teknik komputasi dan statistika untuk mengelola dan menganalisis data biologi dalam menghasilkan sebuah informasi,

sedangkan biologi komputasi melakukan simulasi data biologi berdasarkan asumsi-asumsi dalam mengembangkan pengetahuan biologi untuk menghasilkan sebuah hipotesis. Dengan teknologi ini kita dapat menganalisis atau mengetahui komposisi molekul pada untai DNA maupun sistem biologi suatu organisme yang berhubungan dengan materi genetik. Kita juga dapat mengetahui apakah gen yang baru diidentifikasi mirip dengan gen-gen terdahulu yang telah kita teliti sebelumnya, atau yang ada di dalam database, seperti GenBank, EMBL, dan SWISS-PROT.

Dengan demikian, riset-riset bioteknologi dapat diselesaikan dengan lebih cepat dan akurat. Teknologi bioinformatika sangat berjasa dalam proyek genom manusia, yang berhasil membukukan tiga miliar pasangan basa nukleotida dalam sistem DNA manusia. Beberapa penelitian yang memanfaatkan teknologi bioinformatika antara lain adalah pencarian gen target, perkiraan struktur protein, merakit genom dan struktur protein, perkiraan ekspresi suatu gen, model evolusi suatu organisme, pengukuran keragaman hayati pada spesies, serta analisis sel yang bermutasi dalam sel kanker.

#### 7. Teknologi Antibodi Monoklonal

Teknologi antibodi monoklonal menggunakan sel-sel sistem imunitas yang membuat protein yang disebut antibodi. Sistem kekebalan kita tersusun dari sejumlah tipe sel yang bekerja sama untuk melokalisir dan menghancurkan substansi yang dapat memasuki tubuh kita. Tiap tipe sel mempunyai tugas khusus. Beberapa dari sel tersebut dapat membedakan komponen dari sel tubuh sendiri (self) dan sel-sel asing (nonself). Salah satu dari sel-sel yang cerdas ini adalah sel limfosit B yang mampu menanggapi masuknya substansi asing dengan cara menghasilkan antibodi. Antibodi akhirnya akan mengikat substansi asing dengan keakuratan yang luar biasa.

Dengan mengetahui cara kerja antibodi maka kita dapat memanfaatkannya untuk keperluan deteksi, kuantitasi dan lokalisasi. Pengukuran dengan pendeteksian menggunakan teknologi ini relatif cepat, lebih akurat, dan lebih peka karena ketepatannya yang tinggi. Teknologi antibodi monoklonal saat ini telah digunakan untuk deteksi kehamilan, alat diagnosis berbagai penyakit infeksi, dan deteksi sel-sel kanker. Pada akhirnya juga diharapkan agar teknologi ini tidak hanya dapat digunakan untuk deteksi kanker, tetapi juga untuk mengobati berbagai jenis kanker dengan menggandengkan radioisotop atau senyawa sitotoksik pada antibodi khusus yang mengenali sel-sel kanker. Oleh karena ketepatannya yang tinggi maka teknologi ini dapat digunakan untuk membunuh sel kanker tanpa mempengaruhi sel-sel yang sehat di sekitarnya. Selain kegunaannya untuk sistem diagnosis pada manusia, teknologi ini

juga banyak dipakai untuk mendeteksi penyakit-penyakit pada tanaman dan hewan, kontaminasi pangan dan polutan lingkungan.

#### 8. Teknologi Sel dan Kultur Jaringan

Teknologi sel dan kultur jaringan adalah teknologi yang memungkinkan kita menumbuhkan sel atau jaringan dalam nutrien yang sesuai di laboratorium.

- a) Kultur sel tanaman Kultur sel dan jaringan tanaman merupakan aspek yang sangat penting dalam bioteknologi tanaman. Teknologi ini berlandaskan pada kemampuan unik sel-sel atau jaringan tanaman untuk menghasilkan tanaman multiselular dari satu sel tunggal yang dapat berdiferensiasi (totipotensi).

Rekayasa genetika tanaman pada umumnya dilakukan di taraf satu sel tunggal. Jika satu sel daun direkayasa agar membawa sifat yang menguntungkan, misalnya membawa sifat resisten pada serangga maka sel tersebut harus dapat berkembang menjadi tanaman utuh sehingga dapat bermanfaat bagi petani. Meskipun belum diterapkan pada semua spesies tanaman, proses regenerasi tersebut dapat dilakukan melalui teknologi sel dan kultur jaringan.

- b) Kultur sel hewan Dengan menggunakan kultur sel insekta (serangga) untuk menumbuhkan virus-virus yang dapat menginfeksi serangga memungkinkan kita untuk memperluas pemakaian virus dan baculovirus sebagai agen biokontrol. Selsel mamalia juga telah digunakan untuk pemuliaan hewan-hewan ternak tertentu.

Masyarakat medis menggunakan kultur sel untuk mempelajari aspek keamanan dan efektivitas senyawa biofarmasi, mekanisme molekuler infeksi virus dan replikasinya, sifat toksisitas suatu senyawa, serta dasar-dasar biokimia sel. Kombinasi antara kultur sel mamalia dan teknologi rekayasa biokimia akan memberikan harapan untuk memproduksi senyawa seluler tertentu dalam jumlah banyak. Studi lanjut dalam kultur sel mamalia saat ini memungkinkan para pakar untuk menumbuhkan berbagai jenis sel manusia. Pada akhirnya dapat digunakan untuk memproduksi jaringan tertentu untuk mengganti suatu jaringan yang rusak atau hilang, misalnya karena penyakit atau kecelakaan.

#### 9. Teknologi Rekayasa Biokimia

Teknologi rekayasa biokimia adalah pengembangan disain dan konstruksi unit proses yang berkaitan dengan fungsi selular dan biokimia suatu molekul maupun organisme. Awalnya teknologi rekayasa biokimia bergerak dalam optimasi pertumbuhan mikroorganisme di dalam



bioreaktor (fermentor) pada kondisi aerob, dari skala laboratorium hingga skala ribuan liter, yang bertujuan untuk memproduksi metabolit, biomassa, biokimia atau protein.

Teknologi rekayasa biokimia yang paling kuno dan paling dikenal adalah fermentasi melalui mikroorganisme. Pada mulanya produk fermentasi asal mikroorganisme diperoleh dari serangkaian reaksi yang dikatalisis enzim untuk menguraikan glukosa. Dalam proses penguraian glukosa untuk mendapatkan energi, mikroorganisme melakukan reaksi sintesis senyawa sampingan yang dapat digunakan untuk keperluan manusia, seperti karbon dioksida untuk mengembangkan roti, etanol untuk produksi minuman anggur dan bir, asam laktat untuk produksi yoghurt dan susu fermentasi lainnya, serta asam asetat untuk berbagai jenis-jenis cuka dan acar.

Kultur mikroorganisme dan sel tetap memegang peranan penting dalam teknologi rekayasa biokimia, termasuk sel tanaman, mamalia maupun sel hasil rekayasa genetika. Dengan perkembangan teknologi, rekayasa biokimia kini berperan luas pada berbagai industri bioteknologi, meliputi pertanian, pangan, enzim, limbah, dan energi. Produk jagung, misalnya dengan teknologi ini kita dapat mengubahnya menjadi berbagai macam produk baru yang berdaya guna, seperti bioetanol, pemanis minuman, polimer murah untuk industri, pakan ternak, produk plastik, kain dan lainnya. Bahkan kini teknologi ini terlibat langsung dalam pengembangan produk-produk kesehatan, termasuk antibiotik, asam amino, hormon, vitamin, pelarut-pelarut organik, pestisida, bahan-bahan pembantu proses pengolahan pangan, pigmen, enzim, inhibitor enzim, dan berbagai bahan biofarmasi.

#### 10. Teknologi Rekayasa Genetika

Rekayasa genetika yang sering kali sinonim dengan teknologi DNA rekombinan merupakan tulang punggung dan pemicu lahirnya bioteknologi molekuler. DNA rekombinan dikonstruksi dengan menggabungkan materi genetik dari dua atau lebih sumber yang berbeda atau melakukan perubahan secara terarah pada suatu materi genetik tertentu. Di alam, materi genetik melakukan rekombinasi secara konstan.

Berikut ini merupakan beberapa contoh rekombinasi dari dua sumber atau lebih.

- a) Rekombinasi yang terjadi saat pindah silang dalam pembentukan gamet pada proses meiosis.
- b) Saat sperma dan ovum melebur pada proses fertilisasi.
- c) Saat bakteri melakukan transaksi bahan genetik melalui konjugasi transformasi atau transduksi.

Dalam tiap contoh rekombinasi tersebut dapat dimengerti bahwa rekombinasi merupakan salah satu cara untuk meningkatkan terjadinya keragaman hayati di alam. Materi

genetik yang ada di alam menyajikan suatu bahan mentah evolusi yang dilakukan oleh seleksi alam atau seleksi buatan yang dilakukan oleh manusia.

Istilah teknologi DNA atau rekayasa genetika secara ringkas dapat diartikan sebagai teknik molekuler yang tepat dan mampu menggabungkan molekul DNA tertentu dari sumber-sumber berbeda. Rekombinasi DNA dilakukan dengan enzim (enzim restriksi dan enzim ligase) yang dapat melakukan pemotongan dan penyambungan molekul DNA dengan tepat dan dapat diperkirakan. DNA rekombinan, selanjutnya dimasukkan ke dalam makhluk sasaran dengan introduksi langsung (transformasi) melalui virus atau bakteri.

Oleh karena itu, dalam melakukan rekombinasi genetik, seorang pemulia selain dapat melakukannya melalui penggabungan sel telur dan sperma (atau serbuk sari dan putik pada tanaman) pada metode pemuliaan selektif, dia dapat pula melakukan rekombinasi bahan genetik dengan ketepatan yang lebih tinggi dengan melakukan pada taraf molekuler.

#### 11. Teknologi Rekayasa Protein

Teknologi rekayasa protein sering digunakan bersamaan dengan rekayasa genetika untuk meningkatkan profil atau kinerja suatu protein dan untuk mengkonstruksi protein baru yang secara alami tidak ada. Secara teoretis, kita akhirnya akan dapat mengkonstruksi setiap jenis protein dari bahan dasarnya. Meskipun demikian, penelitian rekayasa protein saat ini masih dipusatkan pada modifikasi protein yang sudah ada. Dengan teknologi rekayasa protein kita dapat meningkatkan daya katalis suatu enzim sehingga dapat lebih produktif pada kondisi proses industri. Misalnya saja ketahanannya terhadap temperatur dan pH yang ekstrim. Selain itu, kemajuan dalam rekayasa protein juga memungkinkan kita membuat enzim baru dengan dasar antibodi, yang disebut abzyme. Abzyme membuka cakrawala baru dalam enzymologi yang menjanjikan berbagai kemungkinan penerapannya yang menakjubkan.

#### 12. Teknologi Biofisika

Teknologi Biofisika merupakan perpaduan antara fisika dan biologi, yang memanfaatkan metode aplikasi dan mekanisme fisika dalam mempelajari struktur makhluk hidup dan proses kehidupan. Teknologi biofisika erat kaitannya dengan fungsi biologis yang berhubungan dengan agen fisika, seperti medan listrik dan tenaga mekanik maupun interaksi antara makhluk hidup dengan cahaya, suara, dan radiasi ion. Selain interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungannya seperti daya penggerak, navigasi dan komunikasi, juga untuk mengetahui transmisi impuls syaraf, mekanisme kontraksi otot atau mekanisme penglihatan. Subjek kajian biofisika, meliputi analisis sekuen suatu genom hingga jaringan syaraf, termasuk tulang, otot dan molekul organik pada sel membran.

Pembentukan teknologi biofisika molekuler sebagai bidang studi yang terpisah relatif masih baru. Penemuan peralatan fisika, seperti mikroskop elektron, ultra-sentrifuse, amplifier elektronik yang banyak membantu riset-riset biofisika, turut mencetuskan pembentukan bidang studi ini. Dengan alat sinar-X kristalografi, misalnya kita dapat menentukan struktur molekul yang rumit, seperti protein, mengukur interaksi kinetik suatu molekul maupun kajian pada bidang kesehatan, seperti penyakit kanker, jantung, dan lainnya.

### 13. Teknologi Biosensor

Teknologi biosensor merupakan gabungan antara biologi molekuler dan mikroelektronika. Biosensor adalah suatu alat pendeteksi yang terdiri dari suatu substansi biologi yang digandengkan dengan transduser elektronika. Substansi biologis dapat berupa mikroorganisme, sel tunggal dari hewan multiseluler, atau komponen seluler, seperti enzim atau antibodi. Biosensor memungkinkan kita untuk mengukur konsentrasi suatu senyawa yang hanya terdapat dalam konsentrasi yang sangat rendah.

Bagaimana cara kerja biosensor? Apabila senyawa kimia yang diukur konsentrasinya bertumbukan dengan detektor biologis maka transduser akan menghasilkan suatu arus listrik kecil. Besar kecilnya sinyal listrik ini sebanding dengan konsentrasi senyawa kimia yang terdapat di lingkungan tersebut.

Teknologi biosensor dapat digunakan dalam berbagai bidang, seperti pengukuran derajat kesegaran suatu bahan pangan, memonitor suatu proses industri atau mendeteksi senyawa yang terdapat dalam jumlah kecil di dalam darah. Dengan menggabungkan biosensor glukosa pada pompa infus insulin maka kadar gula darah dapat dipertahankan dengan stabil setiap waktu pada penderita diabetes.

### 14. Bioteknologi Pangan

Teknologi pangan yang terkait dengan bioteknologi adalah proses perekayasaan suatu gen atau DNA tertentu dari produk pangan. Tujuan dari bioteknologi pangan adalah mengembangkan produk pertanian yang tahan terhadap hama dan penyakit, transportasi, serta memperbaiki penampilan fisik, tekstur dan rasa. Selain itu juga tahan terhadap kondisi cuaca ekstrim, seperti kekeringan dan suhu dingin sehingga dapat meningkatkan produktivitas pangan yang sebelumnya terkendala oleh kondisi tanah dan iklim.

Aplikasi bioteknologi pangan, meliputi peningkatan kandungan nutrisi, misalnya zat besi dan beta-karoten (provitamin A) pada wortel dan beras, penghapusan atau menon-aktifkan gen penyebab alergi sehingga tidak terekspresi pada biji-bijian dan kacang-kacangan, serta penundaan proses pematangan pada buah-buah tropis, agar tetap segar. Rockefeller Foundation telah mengembangkan "Golden Rice", sebagai pangan dengan sumber vitamin A

bagi anak-anak di negara ketiga, untuk mengurangi risiko rabun senja dan kebutaan. Kentang hasil rekayasa dengan kandungan pati tinggi menambah potensinya dalam mengurangi kandungan lemak setelah digoreng. Hal ini karena pati menggantikan kandungan air di dalam kentang sehingga lemak yang terserap saat digoreng menjadi berkurang.

Vaksin yang digunakan dewasa ini membutuhkan biaya produksi yang tinggi serta ruang simpan khusus dengan pendingin saat transportasi. Riset pengembangan vaksin berbasis protein, yang merancang agar vaksin diproduksi oleh tanaman pangan sehingga dengan hanya memakan produk pertanian tersebut, vaksinasi pun dapat kita laksanakan secara bersamaan. Teknologi ini memungkinkan negara ketiga mampu memproduksi vaksin lokal sendiri, mengurangi biaya produksi dan meningkatkan program vaksinasi global dalam mencegah berbagai penyakit menular. Dalam usaha mengantisipasi akan membludaknya populasi penduduk dunia, metode ini juga memungkinkan meningkatkan produksi pangan berkualitas yang lestari.

#### 15. Bioteknologi Lingkungan

Bioteknologi lingkungan adalah perpaduan berbagai bidang ilmu yang memanfaatkan potensi biokimia dari suatu mikroorganisme, tanaman atau bagian-bagiannya untuk konservasi dan perbaikan suatu lingkungan yang tercemar (tanah, air, dan udara). Dengan teknologi ini kita juga mengembangkan, dan mengatur sistem biologi untuk menghasilkan teknologi proses dan produksi yang ramah lingkungan serta melakukan perlindungan sumber daya alam secara lestari.

Mikroorganisme dengan enzim yang digunakannya untuk menguraikan molekulmolekul organik dapat membantu kita untuk membersihkan atau memecahkan sejumlah masalah lingkungan tertentu, seperti tumpahan minyak, tempat-tempat pembuangan bahan toksik, dan residu pestisida. Pemanfaatan populasi mikroorganisme untuk membersihkan polusi lingkungan dikenal dengan sebutan bioremediasi. Salah satu contoh yang paling terkenal dalam bioremediasi dalam pemakaian bakteri pemakan minyak untuk membersihkan tumpahan minyak Exxon Valdez di Prince William Sound, Alaska pada tahun 1989, dan tumpahan minyak di Irak setelah Perang Teluk tahun 1991.

Di masa mendatang kita akan dapat menggunakan limbah rumah tangga dan pertanian untuk memproduksi energi melalui bantuan mikroorganisme. Saat ini sudah mulai dilakukan banyak uji coba di berbagai negara mengenai pemanfaatan mikroorganisme untuk tujuan tersebut. Berbagai jenis mikroorganisme juga sangat berperan untuk mencegah terjadinya wabah penyakit, baik dalam bidang pertanian, perikanan, maupun peternakan. Pemakaian

bakteri tertentu untuk biokondisioner sudah sangat dikenal di sektor pertambakan udang dan pertanian tanaman tertentu.

## **MANFAAT BIOTEKNOLOGI PADA DUNIA PERTANIAN DAN PETERNAKAN**

Keuntungan bioteknologi pertanian antara lain:

1. Meningkatkan produksi pangan misalnya dengan menciptakan kultivar unggul seperti tanaman padi tahan wereng, kapas tahan hama sehingga dapat meningkatkan hasil panen.
2. Ternak yang dapat memproduksi asam amino tertentu.
3. Pengolahan makanan; tempe, tape, oncom, kecap.
4. Pengolahan minuman; anggur, bir, yoghurt, tuak, brem, dsb.
5. Meningkatkan produksi peternakan
6. Meningkatkan efisiensi dan kualitas pakan seperti manipulasi mikroorganisme rumen
7. Menciptakan jenis ternak unggul
8. Menyediakan benih dan induk ikan berkualitas unggul.
9. Meningkatkan system kekebalan ikan dengan menggunakan vaksin, imunostimulan, dan bioremediasi.
10. Aplikasi probiotik pada pakan atau dalam lingkungan perairan budidaya sebagai penyeimbang mikroorganisme dalam pencernaan dan lingkungan perairan.
11. Potensi hasil panen yang lebih tinggi,
12. Mengurangi penggunaan pupuk dan pestisida,
13. Toleran terhadap cekaman lingkungan
14. Pemanfaatan lahan marjinal,
15. Identifikasi dan eliminasi penyakit di dalam makanan ternak,
16. Kualitas makanan dan gizi yang lebih baik, dan perbaikan defisiensi mikronutrien.

## **EVALUASI BELAJAR**

---

1. Jelaskan pengertian Bioteknologi!
2. Bagaimanakah sejarah Bioteknologi?
3. Jelaskan manfaat Bioteknologi dalam kehidupan manusia!
4. Ilmu-ilmu apa saja yang berkaitan erat dengan Bioteknologi?

## BAB 2

### BIOTEKNOLOGI MIKROORGANISME

---

Bioteknologi mikroorganisme adalah pemanfaatan mikroorganisme dalam prinsip-prinsip dan kerekeyasaan terhadap organisme, sistem, atau proses biologis untuk menghasilkan atau meningkatkan potensi organisme maupun menghasilkan produk dan jasa bagi kepentingan hidup manusia. Mikroorganisme adalah sejenis organisme yang sangat kecil dan tidak dapat dilihat oleh mata telanjang, sehingga diperlukan alat khusus untuk melihatnya. Mikroorganisme yang terdapat melimpah yaitu bakteri, mikroorganisme juga termasuk virus, jamur seperti yeast dan mold, ganggang, organisme bersel tunggal yaitu protozoa.

Beberapa alasan mengapa mikroorganisme dijadikan subyek pada berbagai proses bioteknologi adalah:

1. Perkembangan mikroorganisme yang sangat cepat
2. Mudah diperoleh di lingkungan kita
3. Sifat mikroorganisme yang mudah dimodifikasi melalui teknik rekayasa genetika sehingga dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan yang diinginkan
4. Mikroorganisme dapat menghasilkan berbagai produk yang dibutuhkan oleh manusia tanpa tergantung pada musim dan kondisi lingkungan

#### 1. Bakteri

Sel bakteri lebih kecil ( $1-5\ \mu\text{m}$ ,  $1\ \mu\text{m} = 0,001\ \text{mm}$ ) daripada sel eukariotik ( $10-100\ \mu\text{m}$ ) dan mempunyai struktur yang lebih sederhana. Sel bakteri juga menunjukkan struktur sebagai berikut:

- a) Nukleus tidak mengandung DNA dan khususnya terdiri dari kromosom yang sirkular dan tunggal yang sedikit mengandung protein histon.
- b) Bakteri mungkin mengandung DNA plasmid.
- c) Bakteri mempunyai sedikit membran yang mengikat organel.
- d) Struktur dinding sel yang mengelilingi berbeda dari dinding sel tanaman.
- e) Komposisinya terdiri dari polisakarida yang lengkap protein yang disebut peptidoglikan, dinding sel dilindungi dalam mempertahankan bentuknya. Pada Archae strukturnya tidak mengandung peptidoglikan.

Kebanyakan bakteri diklasifikasikan berdasarkan zat warnanya. Teknik ini bertujuan untuk menentukan zat warna pada dinding bakteri. Bakteri gram positif mempunyai struktur dinding sel yang sederhana yang kaya akan peptidoglikan sementara pada bakteri gram negatif mempunyai struktur dinding sel yang kompleks yang sedikit mengandung peptidoglikan. Bakteri

tidak multiseluler seperti halnya hewan dan tanaman, meskipun beberapa bakteri mampu berasosiasi dengan masing-masing bakteri sehingga membentuk rantai atau filamen dari banyak sel yang dihubungkan.

Bakteri tumbuh dan membelah sangat cepat dalam kondisi ideal, banyak sel bakteri membelah tiap 20 menit bila dibandingkan dengan sel eukariotik yang tumbuh dalam waktu 24 jam atau lebih lama sebelum mereka membelah. Tiap-tiap sel bakteri membelah membentuk 2 sel individu baru. Oleh karena itu di bawah kondisi tumbuh yang menyenangkan di dalam laboratorium, populasi sel bakteri dapat membelah dengan cepat untuk menghasilkan berjuta-juta sel yang identik. Karena bakteri sangat kecil, jutaan sel dapat tumbuh dalam tempat kecil yang berisi sel agar-agar atau media biakan cair. Ketika tumbuh dalam tempat biakan, tiap-tiap sel bakteri membelah secara khas untuk membentuk koloni sirkuler yang mengandung ribuan bahkan jutaan sel. Untuk berbagai penerapan dalam bioteknologi, bakteri sering tumbuh dalam fermenter yang dapat menahan beribu liter dari media biakan cair.

Hal itu juga relatif muda untuk membuat strain mutan dari bakteri yang dapat digunakan untuk pelajaran molekuler dan genetik. Mutan dapat diciptakan dengan mengekspos bakteri dengan sinar X, sinar ultraviolet dan berbagai macam zat kimia yang memutasikan DNA (mutagen). Untuk jawaban ini, bakteri bukan merupakan satu-satunya organisme favorit dari banyak mikrobiologi, tetapi juga mikroorganisme ideal untuk dipelajari dalam biologi molekuler genetika, biokimia dan bioteknologi.

Pembagian bakteri berdasarkan bentuk :

a. Bakteri berbentuk bulat

Dapat di bedakan atas beberapa grup berdasarkan pengelompokan selnya, yang merupakan salah satu sifat yang penting dalam identifikasi, yaitu:

- *Diplokokil* : sel berpasangan (dua sel)
- *Streptokokil* : rangkaian sel membentuk rantai panjang atau pendek
- *Tetrad* : empat sel membentuk persegi empat
- *Stapilokkil* : kumpulan sel yang tidak beraturan seperti buah anggur
- *Sarcinae* : kumpulan sel berbentuk kubus yang terdiri dari 8 sel putih.

b. Bakteri berbentuk batang

Mungkin dapat dalam bentuk berpasangan atau membentuk rantai. Pengelompokan ini pada beberapa kedalaman bukan merupakan sifat morfologinya melainkan dipengaruhi oleh tahap pertumbuhan atau kondisi kultur.

c. Bakteri berbentuk spiral (tunggal, spirillum:jamak, spirilia)

## 2. Kapang (Mold)

Kapang adalah mikroorganisme yang termasuk kedalam anggota kingdom Fungi yang membentuk hifa, memiliki filamen (miselium). Sebagian besar kapang merupakan anggota dari *Ascomycetes*. Pertumbuhan kapang pada makanan mudah dilihat karena penampakkannya yang berserabut seperti kapas.

Sifat Fisiologi Kapang :

### a. Kebutuhan air

Pada umumnya kebanyakan kapang membutuhkan air minimal untuk pertumbuhan lebih rendah dibandingkan khamir dan bakteri. Kadar air bahan pangan kurang dari 14–15 %, misalnya pada beras dan sereal dapat menghambat atau memperlambat pertumbuhan kebanyakan khamir.

### b. Suhu pertumbuhan

Kebanyakan kapang bersifat mesofilik, yaitu tumbuh baik pada suhu kamar. Suhu optimum pertumbuhan untuk kebanyakan kapang adalah sekitar 20–30 °C tetapi beberapa dapat tumbuh pada suhu 35–37°C atau lebih tinggi, misalnya *Aspergillus*. Beberapa kapang bersifat psikrotrofik, yaitu tumbuh baik pada suhu lemari es, dan beberapa dapat tumbuh lambat pada suhu dibawah suhu pembekuan. Misalnya suhu -5°C sampai -10°C

### c. Kebutuhan oksigen dan pH

Semua kapang bersifat aerobik, yaitu membutuhkan oksigen untuk pertumbuhan. Kebanyakan kapang dapat tumbuh pada kisaran pH yang luas, yaitu 2–8,5. Tetapi biasanya pertumbuhannya akan lebih baik pada kondisi asam atau pH rendah.

### d. Makanan

Pada umumnya kapang dapat menggunakan berbagai komponen makanan dari yang sederhana sampai kompleks. Kebanyakan kapang mempunyai enzim hidrolitik misalnya amylase, pektinase, proteinase, dan lipase. Oleh karena itu dapat tumbuh pada makanan yang mengandung pati, pectin, protein, atau lipid.

## 3. Khamir (Yeast)

Istilah khamir umumnya digunakan untuk bentuk-bentuk yang menyerupai jamur dari kelompok *Ascomycetes* yang tidak berfilamen tetapi uniseluler berbentuk ovoid atau sferoid. Khamir ada yang bermanfaat ada pula yang membahayakan bagi manusia. Fermentasi khamir banyak digunakan dalam pembuatan roti, bir, wine, vinegar dan sebagainya. Khamir yang tidak diinginkan adalah yang pada makanan dan menyebabkan kerusakan pada saurkraut, jus buah, sirup, molase, madu, jelly, daging dan sebagainya.

### Karakteristik Umum Khamir



Khamir dapat diklasifikasikan berdasar pada karakteristik morfologinya namun demikian sifat fisiologi juga dipentingkan bagi para ahli mikrobiologi pangan. Karakteristik morfologi khamir dideterminasi menggunakan uji mikroskopis:

### 1. Bentuk dan Struktur

Bentuk khamir dapat sferikal sampai ovoid, kadang dapat membentuk miselium semu. Ukuran juga bervariasi. Struktur yang dapat diamati meliputi dinding sel, sitoplasma, vakuol air, globula lemak dan granula.

### 2. Reproduksi

Kebanyakan khamir melakukan reproduksi secara aseksual melalui pembentukan tunas secara multilateral ataupun polar. Reproduksi secara seksual menghasilkan askospora melalui konjugasi dua sel atau konjugasi dua askospora yang menghasilkan sel anakan kecil. Jumlah spora dalam askus bervariasi tergantung macam khamirnya.

### 3. Karakteristik Kultur

Khamir dapat membentuk lapisan film di atas permukaan medium cair. Produksi pigmen karotenoid menandakan adanya pertumbuhan genus *Rhodotorula*. Sulit membedakan antara khamir dengan bakteri pada medium agar, kecuali dengan mikroskop. Koloni khamir yang masih muda biasanya lembab dan sering berlendir dengan warna putih beberapa berwarna merah muda. Khamir ada yang bersifat oksidatif, fermentatif ataupun keduanya. Khamir yang oksidatif dapat tumbuh dengan membentuk lapisan film pada permukaan medium cair sedang yang fermentatif biasanya tumbuh dalam cairan medium.

*Fungi* ada yang bersifat parasit dan saprofit. Parasit apabila dalam memenuhi kebutuhan makannya dengan mengambil dari benda hidup yang ditumpanginya, sedangkan saprofit apabila memperoleh makanan dari benda mati dan tidak merugikan benda itu sendiri. Fungi dapat mensintesis protein dengan mengambil sumber karbon dari karbohidrat, sumber nitrogen dari bahan organik atau anorganik dan mineral dari substratnya. Ada juga fungi yang dapat mensintesis vitamin-vitamin yang dibutuhkan dan perkembangbiakan sendiri sehingga harus mendapatkan dari substrat, misalkan thiamin dan biotin.

## **PRINSIP-PRINSIP BIOTEKNOLOGI MIKROORGANISME**

Berikut adalah prinsip-prinsip yang digunakan dalam Bioteknologi Mikroorganisme :

### **1. Screening Mikroorganisme**

*Screening* adalah proses untuk mendapatkan mikroorganisme yang potensial untuk aplikasi industry. Screening meliputi tahapan isolasi dan seleksi. Isolasi adalah kegiatan pemisahan suatu kultur mikroorganisme sari campuran biakan beberapa jenis mikroorganisme yang terdapat di alam. Seleksi dilakukan dengan manipulasi kondisi lingkungan (pH,

temperatur, aerob, anaerob, dan sebagainya) dan komposisi media tumbuh sehingga di peroleh suatu jenis mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan reaksi atau produk yang kita inginkan.

Seleksi suatu kultur harus menggabungkan antara produktifitas mikroorganisme dan faktor ekonomi lainnya. Secara umum pemilihan suatu mikroorganisme yang akan digunakan untuk proses produksi memenuhi kriteria sebagai berikut:

- a) Kemampuan untuk beradaptasi untuk proses produksi fermentasi yang murah
- b) Temperatur optimum pertumbuhan mikroorganisme di atas 40°C.
- c) Kemampuan untuk mengkonversi substrat (produktifitas) tinggi
- d) Memiliki kestabilan genetik
- e) Kemampuan beradaptasi dengan reactor dan tipe proses yang di gunakan
- f) Kemudahan memisahkan produk (*recovery*) dan kultur.

### **Isolasi Mikroorganisme**

Isolasi dapat digunakan untuk beberapa cara yaitu:

1. Secara konvensional yaitu isolasi yang di lakukan dengan cara bertingkat..
  - a) Tingkat pertama biasa di lakukan dengan cara manual yaitu dengan cara Sejauh mungkin mengencerkannya. Beberapa tingkat terakhir dipupuk pada media padat dengan harapan akan tumbuh koloni-koloni yang terpisah jauh hingga dapat di ambil satu koloni yang dianggap murni untuk sementara.
  - b) Tingkat kedua adalah dengan media yang bersifat selektif bagi mikroba tertentu atau beberapa mikroorganisme tertentu yang mungkin masih satu golongan.
  - c) Tingkat ketiga dari koloni yang seolah-olah sudah murni mungkin masih perlu untuk di encerkan kembali atau diisolasi ulang agar tingkat kemudiannya lebih memungkinkan.
2. Secara modern yaitu isolasi dengan menggunakan alat yang canggih yaitu alat micromanipulator. Alat ini terdiri dari alat manipulator yang dapat di lihat melalui suatu mikroskop.
3. Secara kultur khusus artinya media khusus yang bersifat memberi kemudahan bagi tumbuhnya galur mikroorganisme tertentu yang diinginkan saja dan dapat mengalami tumbuhnya mikroorganisme yang tidak di kehendaki. Cara ini masih di mungkinkan tumbuhnya galur lain dengan sifat yang hamper sama, jadi kan lebih baik bila dilanjutkan dengan pengenceran sehingga hasilnya akan lebih meyakinkan terutama dalam hal kemurniannya. Cara ini sering disebut pula dengan cara kultur pemer kaya dan istilah inggrisnya *Enrichment culture*.

Untuk keperluan industri, mikroorganisme dalam prakteknya dapat diisolasi dari alam dan untuk memperoleh kultur yang murni, kultur tersebut biasanya di peroleh dari lingkungan khusus yang juga lain dari pada yang lain (kondisi lingkungan yang ekstrim). Walaupun mikroba ini sifatnya dapat hidup dimana saja, mikroba untuk kepentingan industri biasanya diisolasi dari tanah, danau, dan lumpur sungai. Program isolasi yang sifat khususnya dan secara besar-besaran di laboratorium prosedur khusus dengan menggunakan media yang diberi tambahan nutrisi khusus dapat di rancang untuk melakukan isolasi terhadap mikroorganisme tanah, air, ataupun air laut yang sifatnya khusus tersebut.

Tahapan isolasi mikroorganisme adalah :

1. Pengambilan sampel dari alam
2. Pengencaran sampel dalam air steril
3. Penyimpanan media agar pembiakan
4. Pencampuran agar pada sampel cawan petri
5. Inkubasi
6. Pemeriksaan hasil inkubasi.

## **2. Teknologi Bioproses**

Teknologi bioproses adalah teknologi yang berkaitan dengan segala operasi dan proses yang memanfaatkan mikroorganisme, baik dalam fasa hidupnya maupun produk-produk enzimnya. Teknologi bioproses merupakan gabungan antara bioteknologi dan teknik kimia. Fermentasi memegang peranan penting dalam bioproses, karena merupakan kunci (proses utama) bagi produksi bahan-bahan yang berbasis biologis.

Contoh Teknologi Bioproses adalah fermentasi dan biokatalisis

### **a. Fermentasi**

Fermentasi adalah proses terjadinya penguraian senyawa-senyawa organik untuk menghasilkan energi serta terjadi pengubahan substrat menjadi produk baru oleh mikroorganisme. Fermentasi berasal dari bahasa latin *ferfere* yang artinya mendidihkan. Fermentasi merupakan pengolahan subtrat menggunakan peranan mikroorganisme (jasad renik) sehingga dihasilkan produk yang dikehendaki. Produk fermentasi berupa biomassa sel, enzim, metabolit primer maupun sekunder atau produk transformasi (biokonversi).

Proses fermentasi mendayagunakan aktivitas suatu mikroorganisme tertentu atau campuran beberapa spesies mikroorganisme. Mikroorganisme yang banyak digunakan dalam proses fermentasi antara lain khamir, kapang dan bakteri. Teknologi fermentasi merupakan salah satu upaya manusia dalam memanfaatkan bahan-bahan yang berharga relatif murah

bahkan kurang berharga menjadi produk yang bernilai ekonomi tinggi dan berguna bagi kesejahteraan hidup manusia.

### **Jenis-jenis Fermentasi**

Berdasarkan produk yang dihasilkan, fermentasi dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- a) Homofermentatif, yaitu fermentasi yang produk akhirnya hanya berupa asam laktat. Contoh homofermentatif adalah proses fermentasi yang terjadi dalam pembuatan yoghurt.
- b) 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 aerob dan anaerob. Fermentasi aerob adalah fermentasi yang memerlukan oksigen, sedangkan fermentasi anaerob tidak memerlukan oksigen.

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

- a) Fermentasi yang memproduksi sel mikroorganisme (biomass). Produksi komersial dari biomass dapat dibedakan menjadi produksi yeast untuk industri roti, dan produksi sel mikroorganisme untuk digunakan sebagai makanan manusia dan hewan.
- b) Fermentasi yang menghasilkan enzim dari mikroorganisme. Secara komersial, enzim dapat diproduksi oleh tanaman, hewan, dan mikroorganisme, namun enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memiliki beberapa keunggulan yaitu, mampu dihasilkan dalam jumlah besar dan mudah untuk meningkatkan produktivitas bila dibandingkan dengan tanaman atau hewan.
- c) Fermentasi yang menghasilkan metabolit mikroorganisme. Metabolit mikroorganisme 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 mikroorganisme contohnya antibiotik, pemacu pertumbuhan, inhibitor enzim, dan lain-lain.

### **Faktor-faktor yang Mempengaruhi Fermentasi**

Keberhasilan fermentasi ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu:

- a) Keasaman (pH)

Makanan yang mengandung asam biasanya tahan lama, tetapi jika oksigen cukup jumlahnya dan kapang dapat tumbuh serta fermentasi berlangsung terus, maka daya awet dari asam tersebut akan hilang. Tingkat keasaman sangat berpengaruh dalam perkembangan bakteri. Kondisi keasaman yang baik untuk bakteri adalah 4,5-5,5.

b) Mikroorganisme

Fermentasi biasanya dilakukan dengan kultur murni yang dihasilkan di laboratorium. Kultur ini dapat disimpan dalam keadaan kering atau dibekukan.

c) Suhu

Suhu fermentasi sangat menentukan macam mikroorganisme yang dominan selama fermentasi. Tiap-tiap mikroorganisme memiliki suhu pertumbuhan yang maksimal, suhu pertumbuhan minimal, dan suhu optimal yaitu suhu yang memberikan terbaik dan memperbanyak diri tercepat.

d) Oksigen

Udara atau oksigen selama fermentasi harus diatur sebaik mungkin untuk memperbanyak atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme tertentu. Setiap mikroorganisme membutuhkan oksigen yang berbeda jumlahnya untuk pertumbuhan atau membentuk sel-sel baru dan untuk fermentasi. Misalnya ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) akan tumbuh lebih baik dalam keadaan aerobik, tetapi keduanya akan melakukan fermentasi terhadap gula jauh lebih cepat dengan keadaan anaerobik.

e) Waktu

Laju memperbanyak bakteri bervariasi menurut spesies dan kondisi pertumbuhannya. Pada kondisi optimal, bakteri akan membelah sekali setiap 20 menit. Untuk beberapa bakteri memilih waktu generasi yaitu selang waktu antara pembelahan, dapat dicapai selama 20 menit. Jika waktu generasinya 20 menit pada kondisi yang cocok sebuah sel dapat menghasilkan beberapa juta sel selama 7 jam.

## **b. Biokatalisis**

Biokatalisis adalah suatu reaksi kimiawi yang menggunakan katalis biologis (biokatalis). Biokatalisis merupakan metoda yang tidak asing dalam proses sintesis kimia organik di ranah akademis maupun dalam tataran industri. Sampai saat ini, metoda tersebut banyak berperan dalam industri kimia dan farmasi, industri pangan dan pakan, serta dalam pengelolaan limbah dan remediasi lingkungan. Sehingga, tidaklah mengherankan, bila biokatalisis dianggap sebagai komponen penting dan bagian yang tak terpisahkan dari industri *life-science*. Di masa depan, peranan biokatalisis juga akan semakin penting dalam industri kimia modern. Metode ini akan menjadi proses inti untuk memproduksi senyawa yang sulit atau tidak dapat dilakukan

dengan teknik-teknik kimia konvensional, seperti dalam sintesa senyawa-senyawa yang bersifat regio-, enansio- dan stereoselektif.

Biokatalis, yang berupa enzim, sel mikroorganisme (hidup atau mati), yang terikat dalam matriks atau bebas, secara tradisional telah digunakan untuk mengkonversi bahan baku yang berasal dari bahan organik atau bahan baku yang terbarukan. Namun, pemanfaatannya terus meluas, sehingga digunakan juga untuk mengolah material yang berasal dari bahan bakar fosil. Pemanfaatannya juga begitu beragam, dari biotransformasi senyawa khiral secara enzimatis untuk produksi obat sampai desulfurisasi bahan bakar diesel menggunakan mikroorganisme. Dalam skala industri, misalnya, biokatalis telah digunakan untuk produksi fruktosa, aspartame, penisilin semi sintetik dan obat kanker.

Biokatalisis dianggap sebagai representasi dari suatu strategi yang menjanjikan dalam menopang konsep "*green chemistry*". Isu-isu lingkungan merupakan hal yang penting bagi industri. Pemikiran untuk menekan polusi telah meningkatkan ketertarikan pelaku industri terhadap produk dan proses kimia, yang ramah lingkungan, dapat menekan jumlah limbah dan konsumsi energi, serta yang memihak pada penggunaan sumber daya terbarukan daripada bahan baku berbasis petroleum. Dan tampaknya biokatalisis, secara ideal dapat memenuhi tuntutan itu.

### **Enzim sebagai biokatalis**

Sebagai biokatalis, enzim mempunyai karakteristik yang sangat menarik untuk industri: sangat spesifik, aktif dalam kondisi 'normal', mudah didapat, dan ramah lingkungan. Daya pikatnya berasal dari selektivitasnya yang tinggi, aktif dan bekerja dalam kondisi 'normal', serta limbah yang dihasilkan mudah dituntaskan. Selain itu, reaksi-reaksi yang dijembatannya seringkali mempunyai kemo-, regio- dan stereospesifitas yang tinggi.

Secara umum, enzim digunakan sebagai katalis dalam beragam reaksi, seperti hidrolisis, transesterifikasi, resolusi kinetik dari campuran rasemat, dan lain-lain. Industri proses kimia juga mulai menyadari bahwa enzim bukan hanya efektif sebagai katalis dalam transformasi senyawa-senyawa 'alami' dalam sistem kehidupan, namun juga dapat berperan dalam reaksi serupa dengan senyawa-senyawa 'non-alami'. Atas dasar kelebihan-kelebihan ini, enzim dimanfaatkan untuk mengkatalisis beragam reaksi-reaksi organik dan banyak dilibatkan dalam industri pangan, deterjen, diagnostik, kimia dan farmasi.

Bila enzim akan dimanfaatkan sebagai biokatalis, maka faktor-faktor berikut yang perlu mendapat diperhatikan:

1. Spesifitas. Secara umum, enzim bersifat sangat spesifik; dapat bersifat substrat spesifik (selektif terhadap senyawa atau kelompok senyawa tertentu), atau regio-spesifik, atau stereospesifik (selektif hanya terhadap salah satu stereoisomer)
2. Kofaktor. Untuk bisa berfungsi, beberapa enzim memerlukan keberadaan materi lain, yang disebut sebagai kofaktor. Ada dua macam kofaktor; tipe pertama berupa ion-ion logam sederhana, sedangkan tipe kedua terdiri atas molekul organik yang kompleks, yang disebut sebagai ko-enzim. Semakin kompleks kofaktor yang dibutuhkan, maka akan semakin mahal biaya yang diperlukan, yang pada akhirnya akan membatasi penggunaannya (kecuali ada cara-cara praktis untuk mendapatkannya kembali).
3. Sumber biologis. Spesifikasi sumber enzim seringkali merupakan hal penting. Enzim dengan nama yang sama tetapi berasal dari sumber yang berbeda seringkali menunjukkan perbedaan pula dalam struktur dan sifat-sifatnya
4. Stabilitas. Secara umum, enzim lebih labil dibandingkan katalis sintetik. Walaupun beberapa dapat beroperasi di atas 60°C, secara umum hanya ada perbedaan yang kecil diantara beragam enzim dalam nilai pH dan suhu operasinya.
5. Inhibitor. Aktivitas enzim seringkali peka terhadap keberadaan molekul-molekul kecil. Sebagai contoh, enzim dapat dihambat oleh substrat, produk reaksi, atau oleh kontaminan kimiawi yang ada dalam substrat. Dengan demikian, pemahaman tentang mekanisme pengendalian semacam ini dapat merupakan hal penting untuk optimasi proses
6. Kondisi reaksi. Dalam praktek, ada beberapa contoh enzim yang mampu melakukan reaksi pada suhu lebih rendah dari katalis konvensional, namun rendemen dan kualitas produk yang dihasilkan lebih tinggi, dan sekaligus mengurangi konsumsi energi untuk produksinya.

### **Enzim Mikroorganisme**

Enzim mikroorganisme digunakan dalam penerapan produksi makanan untuk penelitian biologi molekuler. Karena mikroorganisme merupakan sumber enzim yang baik dan teoat, beberapa enzim yang tersedia diisolasi dan digunakan dalam biologi molekuler yaitu DNA polimerase dan enzim restriksi pada bakteri. Setelah diisolasi dari *E.coli*, DNA polimerase tersedia pada teknik rekombinan DNA seperti urutan label DNA untuk membuat penyelidikan dan menggunakan rantai polimerase untuk menjelaskan reaksi DNA.

Taq DNA polimerase sebagai thermostable enzyme. Taq adalah enzim esensial penyetabil panas untuk PCR yang diisolasi dari hot-spring *Thermus aquaticus*. Karena mereka mempunyai kemampuan untuk dipelihara dan tumbuh dengan subur di bawah lingkungan yang

sangat panas, mikroorganismenya itu disebut Termophilus. Banyak kesamaan enzim termostabil yang diidentifikasi dalam berbagai Termophilus dan digunakan secara luas dalam PCR dan reaksi yang lainnya.

Enzim selulosa dihasilkan oleh *E. coli*, menurunkan selulosa, sebuah polisakarida yang membentuk dinding sel tanaman. Selulase banyak digunakan secara luas untuk mencerna makanan binatang dengan mudah oleh binatang tersebut. Selulosa juga digunakan dalam pembuatan jeans.

Kain ini dibuat dengan teknik pencampuran selulosa dengan jamur seperti *Tichoderma reesei* dan *Aspergillus niger*. Serat selulosa dalam katun digunakan untuk membuat celana panjang yang dihasilkan dengan tenunan yang lembut. Protease subtilisin, diambil dari *Bacillus subtilis*, adalah komponen yang berharga dari detergen, dimana fungsinya untuk menurunkan dan memindahkan noda protein dari pakaian. Beberapa enzim dari bakteri juga digunakan untuk membuat makanan seperti enzim yang dapat mencerna gula yang disebut dengan amilase yang juga dapat digunakan untuk mendegradasi zat tepung dalam membuat sirup jagung.

Enzim adalah molekul protein yang dihasilkan oleh setiap sel hidup. Semua reaksi kehidupan hanya bisa dimungkinkan oleh adanya enzim. Reaksi-reaksi biokimia di dalam sel tidak mungkin terjadi secara tepat dan cepat seperti yang dikehendaki pada keadaan alamiahnya tanpa adanya biokatalisator enzim yang bekerja dengan efisiensi dan selektivitas tinggi. Enzim merupakan protein katalis. Setelah disintesis dalam sel, enzim dapat berfungsi secara independen pada sel dalam kondisi ideal yang dipertahankan.

Menurut International University of Biochemistry, enzim terbagi menjadi enam golongan, yaitu oksidoreduktase, transferase, hidrolase, liase, isomerasi dan ligase. Enzim bukan hanya terdiri dari protein (apoenzim) tetapi juga komponen lain yang mengandung logam sebagai koenzim. Aktivitas enzim dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pH, suhu, pelarut, kekuatan ion dan adanya inhibitor atau activator.

Teknologi enzim meliputi proses produksi, isolasi dan pemurnian enzim. Enzim secara komersial umumnya didapat dari tanaman, hewan dan mikroorganismenya. Kebanyakan enzim didapat dari mikroorganismenya (fungi dan bakteri). Strain mutan yang telah diseleksi kemudian diproduksi secara maksimal. Rekayasa genetik telah menjadi pionir dalam pengadaan organisme untuk sintesis enzim.

Lebih dari 2000 enzim telah diisolasi hingga kini namun sampai saat ini hanya sejumlah enzim yang telah diproduksi secara besar-besaran. Kebanyakan enzim yang diproduksi secara



komersial adalah golongan enzim hidrolase seperti amylase, selulase, pektinase, dan peptidase.

Enzim komersial digunakan oleh berbagai kelompok industri baik industri pangan maupun industri non pangan. Para ahli enzim pangan menggunakan berbagai enzim untuk memperbaiki sifat-sifat fisik dan kimia pangan dan memunculkan atau memanfaatkan sumber pangan baru. Berikut ini adalah sejumlah enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme beserta sumber dan aplikasinya dalam industri pangan.

Tabel 1. Enzim dan sumber serta aplikasinya bagi pangan.

<b>Enzim</b>	<b>Sumber</b>	<b>Aplikasi</b>
Amilase	<i>Aspergillus niger</i> <i>A. oryzae</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Rhizopus sp</i> <i>Mucor rouxii</i>	Industri roti, bir, sirup, makanan lainnya.
Selulase	<i>A. niger</i> <i>Trichoderma viridae</i>	Industri konsentrat kopi
Dekstransukrase	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Berbagai kegunaan destran dalam industri pangan
Glucose oksidase	<i>A. niger</i>	Penghilangan glukosa dari telur (industri telur)
Invertase	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Madu tiruan cegah pengkristalan permen
Lactase	<i>S. fragilis</i>	Industri susu (hidrolisis laktosa)
Lipase	<i>A. niger</i> <i>Mucor sp</i> <i>Rhizopus sp</i>	Pembentukan cita rasa pada keju
Pektinase	<i>A. niger</i> <i>Penicillium sp</i> <i>Rhizopus sp</i>	Penjernihan anggur dan sari buah
Protease (Proteinase)	<i>A. oryzae</i>	Mencegah pengendapan protein dalam industri bir
	<i>B. subtilis</i> <i>Mucor sp</i> <i>Rhizopus sp</i>	Industri roti, pengepukan daging
Renin mikrobial	<i>Mucor nihei</i> <i>M pusillus</i>	Penggumpalan susu (industri keju)

Sumber: Diktat Kuliah Bioteknologi Pangan Terapan (2006)

Enzim yang diperoleh dari mikroorganisme didapatkan dengan melalui serangkaian proses panjang. Prosedur pembuatan enzim yang berasal dari mikroorganisme terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut:

#### a) Seleksi

Seleksi dapat didefinisikan sebagai penggunaan prosedur dengan selektivitas yang tinggi untuk mendeteksi dan mengisolasi mikroorganisme yang diinginkan diantara sekian banyak populasi mikroorganisme. Seleksi dilakukan dalam dua tahap yaitu seleksi primer dan seleksi sekunder.

Melalui seleksi primer, diperoleh beberapa mikroorganisme, tetapi mungkin hanya sedikit sekali diantara mikroorganisme tersebut yang mempunyai nilai komersial karena seleksi primer hanya menentukan mikroorganisme apa saja yang dapat menghasilkan suatu produk dan belum memperhatikan kemampuannya untuk bereproduksi.

Seleksi sekunder merupakan tahap seleksi lebih lanjut dimana mikroorganisme hasil seleksi primer yang tidak mempunyai potensi untuk digunakan dalam proses industri atau dengan kata lain disingkarkan. Seleksi sekunder dapat dilakukan pada agar cawan dalam labu erlenmeyer atau dalam fermentor berukuran kecil yang berisi substrat cair. Seleksi sekunder meliputi seleksi dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Melalui pendekatan kualitatif dapat diperoleh informasi mengenai spektrum mikroorganisme yang sensitif terhadap produk yang dihasilkan oleh suatu mikroorganisme. Melalui pendekatan kuantitatif dapat diperoleh informasi mengenai konsentrasi produk yang dapat dihasilkan oleh suatu mikroorganisme bersangkutan apabila ditumbuhkan pada berbagai substrat.

#### b) Isolasi

Isolasi suatu strain murni pada prinsipnya dapat dilakukan secara bertingkat. Tingkat pertama bisa dilakukan secara manual yaitu dengan cara mengencerkannya. Tingkat kedua adalah dengan isolasi dengan media yang bersifat selektif bagi mikroorganisme tertentu yang mungkin masih satu golongan. Tingkat ketiga dari koloni yang seolah-olah sudah murni mungkin masih perlu diencerkan kembali atau diisolasi ulang agar tingkat kemurniannya dapat lebih meyakinkan. Untuk selanjutnya diperlukan berbagai metode karakterisasi sebagai pembuktian bahwa galur isolat yang diperoleh benar-benar galur murni. Cara bertingkat tersebut adalah cara konvensional yang sampai kini masih banyak dilakukan.

Cara isolasi yang modern adalah menggunakan alat canggih yaitu dengan alat mikromanipulator. Alat ini terdiri dari alat manipulator yang dapat dilihat dari suatu mikroskop. Cara lain yang sering dilakukan adalah menggunakan kultur khusus artinya media khusus yang bersifat memberi kemudahan bagi tumbuhnya jenis mikroorganisme tertentu yang dikehendaki saja dan dapat menghalangi tumbuhnya mikroorganisme jenis lain yang tidak dikehendaki. Tetapi cara ini masih memungkinkan tumbuhnya jenis yang lain dengan sifat hampir bersamaan, jadi akan lebih baik bila dilanjutkan dengan pengenceran sehingga hasilnya akan

lebih meyakinkan terutama dalam hal kemurniannya. Cara ini disebut pula sebagai cara kultur "enrichment culture".

c) Pemurnian enzim

Pemurnian enzim terdiri dari beberapa tahap, diantaranya adalah; pemisahan enzim dari substrat (bisa dengan cara disentrifugasi) kemudian tahap ekstraksi enzim. Setelah enzim dipisahkan dari substrat dan mikroorganisme, maka selanjutnya dilakukan beberapa tahapan sesuai dengan produk akhir yang akan dihasilkan.

Jika produk akhir yang ingin dihasilkan adalah produk kering maka proses yang dilakukan adalah pengeringan. Jika produk yang ingin dihasilkan adalah produk cair maka proses yang dilakukan adalah evaporasi, filtrasi ataupun osmosis. Apabila produk yang ingin dihasilkan adalah produk terfraksionasi maka proses yang dilakukan adalah kromatografi, elektroforesis ataupun pengendapan bertahap. Apabila produk yang ingin dihasilkan adalah produk kering standar maka proses yang dilakukan adalah pengendapan aseton, *spray dryer*, atau *freeze dryer*. Proses terakhir dari produksi enzim adalah proses penyimpanan.

Penggunaan enzim secara luas ternyata menimbulkan sebuah masalah yaitu bagaimana cara me-recover enzim untuk digunakan kembali. Enzim umumnya sangat mahal untuk diproduksi dan diekstrak. Maka, jawaban dari permasalahan tersebut adalah dengan penggunaan teknologi immobilisasi enzim dan sel.

### 3. Rekayasa Genetika

Prinsip dasar teknologi rekayasa genetika adalah memanipulasi atau melakukan perubahan susunan asam nukleat dari DNA (gen) atau menyelipkan gen baru ke dalam struktur DNA organisme penerima. Gen yang diselipkan dan organisme penerima dapat berasal dari organisme apa saja. Pada proses rekayasa genetika organisme yang sering digunakan adalah bakteri *Escherichia coli*.

### **EVALUASI BELAJAR**

---

1. Apakah pengertian dari Bioteknologi Mikroorganisme?
2. Apakah keunggulan mikroorganisme sehingga dimanfaatkan dalam bioteknologi?
3. Sebutkan jenis-jenis mikroorganisme yang dimanfaatkan dalam bioteknologi!
4. Jelaskan prinsip-prinsip bioteknologi mikroorganisme!
5. Jelaskan contoh bioteknologi mikroorganisme dalam dunia peternakan!

## BAB 3

### BIOTEKNOLOGI PANGAN

#### Pengertian Bioteknologi Pangan

Bioteknologi pangan didefinisikan sebagai aplikasi teknik biologis untuk hasil tanaman pangan, hewan, dan mikroorganisme dengan tujuan meningkatkan sifat, kualitas, keamanan, dan kemudahan dalam pemrosesan dan produksi makanan.

#### Sejarah Bioteknologi Pangan

Produksi makanan dengan proses mengubah bahan baku dari tanaman atau hewan telah dilakukan sejak dulu dengan menggunakan api. Sejarah produksi bioteknologi pangan dimulai dengan produksi makanan fermentasi seperti wine, roti atau keju. Baik pemanasan makanan dan aplikasi fermentasi menghasilkan peningkatan signifikan pada keamanan dan kualitas pangan. Perkembangan kemajuan atau kronologi dari bioteknologi pangan dimulai dari milenium ke-4.

Tabel 2. Kronologi Sejarah Bioteknologi Pangan

Tahun	Peristiwa
Milenium ke-4	Orang Mesir mengembangkan penggilingan gabah, baking, membuat bir.
Milenium ke-3	Orang Mesir dan Sumeria pengawetkan susu, sayur dengan fermentasi asam
Milenium pertama	Freeze-drying udara terbuka kentang oleh Andean Amerindians.
Abad ke-4	Aristotle mengklasifikasikan tanaman dan hewan.
	Theophrastus menulis "History of Plant"
	Linnaeus (Swedia) membuat formula taksonomi klasifikasi tanaman dan hewan
Abad ke-18	Spallanzani (Italia) mensterilisasi makanan dan bahan organik dengan memanaskan dalam tangki kedap udara.
	Spallanzani mendemonstrasikan fertilisasi telur dengan spermatozoa.
	1820. Braconot (Prancis) menghidrolisa gelatin untuk memproduksi glycine, daging, dan wool-leucine.
	1840-50s. J. von Liebig mengenali protein, lemak, karbohidrat, dan berbagai mineral penting untuk nutrisi manusia dan hewan.
	1854. Lawes & Gilbert (UK) mendemonstrasikan perbedaan nilai nutrisi antara tanaman berprotein yang diumpakan ke babi.
	1825. F. B. Raspall menggunakan iodine sebagai pewarna untuk menampilkan distribusi pati dalam sel tanaman, dikenal sebagai bapak histo-chemistry.
Abad ke-19	1827. K. E. von Baer (Estonian) mendeskripsikan telur mamalia.
	1830. Robert Brown (Scotland) mendeskripsikan nukleus sel tanaman.
	1860s. Louis Pasteur (French) membuktikan bahwa mikroorganisme adalah penyebab bukan hasil dari fermentasi dari barang yang telah busuk.
	1866. Gregor Mendel mengidentifikasi sifat yang diwariskan dari varietas kacang polong yang berbeda. Hasil penemuan Mendel ditolak sampai

	ditemukan lagi oleh peneliti Amerika pada 1900.
	1883. Johann Kjeldahl (Netherland), menemukan metode analisa nitrogen dalam protein. Pengakuan teori Mendel tentang penurunan sifat pada semua tanaman dan hewan
Abad ke-20	1980/90s. Rockafella Foundation dan International Rice Research Institute menemukan cara transgenik untuk mentransfer sifat anti hama antara <i>Oryza</i> spp. liar dan hasil panen, dikembangkan pangan transgenik lain.

## Penerapan Bioteknologi Dalam Pengolahan Pangan

Dalam bidang makanan proses yang dibantu mikroorganismenya, misalnya dengan fermentasi, hasilnya antara lain : yoghurt , keju , tempe, roti, kecap, ,cuka, dan sebagainya.

### 1. Yogurt

Yogurt merupakan minuman hasil fermentasi susu yang menggunakan bakteri *Streptococcus thermophilus* atau *Lactobacillus bulgaricus*. Bakteri ini akan mengubah laktosa pada susu menjadi asam laktat. Efek lain dari proses fermentasi adalah pecahnya protein pada susu yang menyebabkan susu menjadi kental. Hasil akhirnya susu akan terasa asam dan kental. Proses penguraian ini disebut fermentasi asam laktat dan hasil akhirnya dinamakan.

### 2. Keju

Keju merupakan bahan makanan yang dihasilkan dengan memisahkan zat-zat padat pada susu melalui proses pengentalan atau koagulasi. Proses pengentalan ini dilakukan dengan bantuan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Bakteri ini akan menghasilkan enzim renin, sehingga protein pada susu akan menggumpal dan membagi susu menjadi cair dan padatan (dadih).

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

### 3. Roti

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

#### 4. Kecap

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

#### 5. Tempe

Tempe adalah makanan tradisional khas Indonesia yang sering dikonsumsi menjadi salah satu makanan favorit. Pada dasarnya proses produksi tempe ini menggunakan teknik fermentasi. Fermentasi dilakukan dengan menumbuhkan jamur *Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus oligosporus* pada biji kedelai. Pada proses pertumbuhan, jamur akan menghasilkan benang-benang yang disebut dengan hifa. Benang-benang itu mengakibatkan biji-bijian kedelai saling terikat dan membentuk struktur yang kompak. Pada waktu pertumbuhan jamur, jamur juga akan membuat suatu enzim protease yang dapat menguraikan protein kompleks yang ada pada kedelai menjadi asam amino yang lebih mudah dicerna oleh tubuh kita.

#### 6. Cuka

Bahan dasar pada proses pembuatan cuka adalah etanol yang dihasilkan oleh fermentasi anaerob oleh ragi. Oleh bakteri asam asetat, seperti *Acetobacter* dan *Gluconobacter*, etanol akan dioksidasi menjadi asam asetat.

### **Penerapan Bioteknologi pada Produksi Pangan Nabati**

Di bidang pertanian, bioteknologi memberi andil dalam usaha pemenuhan kebutuhan makanan. Bioteknologi dalam bidang pertanian diantaranya adalah:

#### 1. Kultur Jaringan

Kultur artinya pembudidayaan, sedangkan jaringan artinya sekelompok sel yang mempunyai bentuk dan fungsi yang sama. Dengan demikian kultur jaringan berarti membudidayakan suatu jaringan makhluk hidup menjadi individu baru yang mempunyai sifat sama seperti induknya.

Pelaksanaan teknik kultur jaringan tumbuhan dilakukan berdasarkan teori sel sebagaimana yang dikemukakan oleh Schleiden dan Schwann, yaitu sel tumbuhan mempunyai kemampuan totipotensi. Totipotensi adalah kemampuan setiap sel tumbuhan (dari bagian mana

saja sel tersebut diambil) yang jika diletakkan dalam lingkungan yang sesuai, akan tumbuh menjadi tumbuhan yang sempurna.

Kultur jaringan akan lebih besar keberhasilannya apabila menggunakan jaringan meristem. Jaringan meristem adalah jaringan yang terdiri dari sel-sel yang selalu membelah, dindingnya tipis, belum mempunyai penebalan dari zat pectin, plasmanya penuh, dan vakuolanya kecil.

## 2. Pembastaran

Pembastaran atau persilangan merupakan perkawinan antara dua individu tanaman yang berbeda varietas, tetapi masih dalam satu spesies. Pembastaran merupakan cara yang sederhana, murah, dan paling mudah untuk menghasilkan tanaman pangan varietas unggul. Contoh, padi varietas X yang memiliki produksi gabah tinggi dan tidak cepat rebah dikawinkan dengan padi varietas Y yang memiliki sifat tahan hama dan umur panen pendek. Dari perkawinan ini, dapat dihasilkan padi varietas baru yang memiliki sifat perpaduan dari keduanya, yaitu produksi gabah tinggi, tahan hama, tidak cepat rebah, dan umur panen pendek.

## 3. Hidroponik

Hidroponik adalah teknik bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai media tanamnya. Termasuk juga bercocok tanam di dalam pot atau wadah lainnya yang menggunakan air atau bahan yang bersifat porus, seperti pecahan genting, pasir kali, batu, kerikil, spons, sabut kelapa, arang kayu, dan sebagainya. Contoh bioteknologi konvensional yang lain dalam bidang pertanian adalah penyeleksian tanaman jenis mustard alami oleh manusia, menghasilkan tanaman, kolabrie, brokoli, kubis, dan kembang kol.

## 4. Rekayasa Genetika

Tujuan rekayasa genetika adalah sama dengan bioteknologi konvensional, yakni untuk menghasilkan tanaman dengan sifat-sifat yang diinginkan oleh manusia. Perbedaannya, rekayasa genetika pada tumbuhan ini menggabungkan gen-gen dari spesies atau genus yang berbeda. Tanaman hasil rekayasa genetika disebut dengan tanaman transgenik. Sejarah penemuan tanaman transgenik dimulai pada tahun 1977 ketika bakteri *Agrobacterium tumefaciens* diketahui dapat mentransfer DNA atau gen yang dimilikinya ke dalam tanaman.

Tujuan dari pengembangan tanaman transgenik ini di antaranya adalah menghambat pelunakan buah (pada tomat), tahan terhadap serangan insektisida, herbisida, dan virus, meningkatkan nilai gizi tanaman, dan meningkatkan kemampuan tanaman untuk hidup pada lahan yang ekstrem sepertilah kering, lahan keasaman tinggihan lahan dengan kadar garam yang tinggi.

## **Manfaat Bioteknologi Pangan**

Bioteknologi pangan dipercaya mengarah pada peningkatan secara umum dalam pertanian dan pangan, dan juga memberikan kesehatan, harga murah, lebih stabil, bernutrisi, rasa lebih enak dan aman dikonsumsi.

Potensi manfaat makanan rekayasa genetik antara lain:

1. Peningkatan ketersediaan pangan
2. Peningkatan umur simpan dan kualitas organoleptik makanan
4. Peningkatan kualitas gizi dan manfaat kesehatan
5. Peningkatan kualitas protein
6. Peningkatan kandungan karbohidrat makanan
7. Peningkatan kuantitas dan kualitas daging dan susu
8. Peningkatan yield tanaman pertanian
9. Pembuatan vaksin dan obat-obatan yang edible atau dapat dimakan
10. Ketahanan biologis terhadap penyakit, hama, gulma, herbisida dan virus
11. Bioremediasi
12. Efek positif pada produk pertanian/makanan
13. Perlindungan lingkungan
14. Tanaman rekayasa genetik berfungsi sebagai biofactories dan sumber dari bahan baku industri
15. Terciptanya lapangan kerja

## **Potensi Resiko Bioteknologi Pangan**

Kritikus dari rekayasa genetik makanan tidak hanya menyoroti keamanan, efek alergi, karsinogenitas, dan kualitas gizi makanan berubah, tetapi juga masalah lingkungan. Mereka mengkhawatirkan terjadinya kesalahan dari teknik transfer gen ini.

Berikut ini beberapa potensi risiko atau permasalahan yang mungkin terjadi

1. Perubahan kualitas gizi makanan
2. Resistensi antibiotik
3. Potensi racun dari makanan rekayasa genetik
4. Potensi alergi dari makanan rekayasa genetik
5. Transfer gen yang tidak disengaja pada tanaman liar
6. Kemungkinan pembentukan virus dan racun baru
7. Keterbatasan akses terhadap benih dengan adanya paten dari tanaman hasil rekayasa genetik
8. Ancaman terhadap keragaman genetik tanaman



9. Kekhawatiran agama/budaya/etika
10. Kekhawatiran karena tidak ada pelabelan pada makanan rekayasa genetic

### **EVALUASI BELAJAR**

---

1. Apakah pengertian dari bioteknologi pangan?
2. Bagaimanakah sejarah bioteknologi pangan?
3. Apakah manfaat dari bioteknologi pangan?
4. Jelaskan contoh penerapan bioteknologi pada bidang pangan!
5. Apakah manfaat dan potensi resiko bioteknologi pangan?

## BAB 4

### PENERAPAN BIOTEKNOLOGI PADA REPRODUKSI TERNAK

---

Bioteknologi dapat digunakan untuk meningkatkan produksi peternakan, melalui: 1). teknologi produksi, seperti inseminasi buatan, embrio transfer, kriopreservasi embrio, fertilisasi in vitro, sexing sperma maupun embrio, *cloning* dan *splitting*. 2). rekayasa genetika, seperti genome maps, *marker assisted selection* (MAS), transgenik, identifikasi gen, konservasi molekuler, dan 3). peningkatan efisiensi dan kualitas pakan, seperti manipulasi mikroorganisme rumen, dan bioteknologi yang berkaitan dengan bidang veteriner.

#### 1. Inseminasi Buatan

Inseminasi buatan (IB) atau kawin suntik merupakan teknologi reproduksi generasi pertama yang bertujuan memanfaatkan seekor hewan jantan unggul secara maksimal dengan cara memasukkan mani ke dalam saluran alat kelamin betina dengan metode atau alat khusus yang disebut insemination gun.

Teknologi IB sampai saat ini telah tersebar keseluruh pelosok tanah air, bahkan di beberapa daerah tidak bergantung lagi pada suplai semen beku dari Balai Inseminasi Buatan Singosari (Jawa Timur) atau dari Balai Inseminasi Buatan Lembang (Jawa Barat), namun penggunaan pada wilayah tertentu harus berdasarkan pewilayahan sumber bibit.

Lokasi yang telah ditetapkan sebagai wilayah sumber bibit sapi asli, yaitu sapi bali di Provinsi Bali dan sapi Madura di Pulau Sapudi yang tidak memperkenankan masuknya semen beku bangsa lain dengan menerapkan prinsip-prinsip pembibitan, melalui pengaturan perkawinan, pencatatan (*recording*), seleksi dan culling serta sertifikasi.

#### 2. Transfer Embrio

Apabila kawin suntik memfokuskan pada sperma jantan, maka transfer embrio tidak hanya potensi dari jantan saja yang dioptimalkan, melainkan potensi betina berkualitas unggul juga dapat dimanfaatkan secara optimal. Teknik TE ini, betina unggul tidak perlu bunting tetapi hanya berfungsi menghasilkan embrio yang untuk selanjutnya bisa ditransfer pada induk titipan dengan kualitas yang tidak perlu bagus tetapi memiliki kemampuan untuk bunting. Embrio yang didapat dapat langsung di transfer ke dalam sapi resipien atau dibekukan untuk disimpan dan di transfer pada waktu lain.

#### 3. Kriopreservasi Embrio

Teknik kriopreservasi embrio merupakan suatu cara untuk menyimpan embrio dalam bentuk beku yang bertujuan untuk menyimpan, pemeliharaan, menjamin dan mempertahankan

kelangsungan hidup sel. Teknik kriopreservasi sendiri merupakan teknik penyimpanan pada suhu sangat rendah dengan menggunakan nitrogen. Pembelahan sel dan proses metabolisme di dalam sel, jaringan, atau organ tanaman dapat dihentikan dalam waktu yang tidak terbatas melalui kriopreservasi.

Kondisi suhu penyimpanan secara kriopreservasi dalam nitrogen sangat rendah, yaitu -160 hingga -180°C pada fase uap, bahkan sampai -196°C pada fase cair dan di bawah -200°C pada fase terpadatkan (*solidified*). Teknik kriopreservasi sangat potensial dikembangkan untuk penyimpanan plasma nutfah tanaman dan hewan dalam jangka panjang hingga puluhan tahun.

#### **4. Fertilisasi In Vitro**

Teknologi Fertilisasi In Vitro (FIV) merupakan teknologi produksi embrio pada lingkungan buatan di luar tubuh dalam suatu sistem biakan sel. Teknik Fertilisasi In Vitro dapat menggunakan oosit yang berasal dari hewan yang masih hidup maupun dari oosit hewan yang dipotong, sehingga teknik Fertilisasi in Vitro dapat menjadi alternatif produksi embrio saat melaksanakan transfer embrio. Fertilisasi in vitro ini diharapkan dapat memproduksi embrio dalam jumlah massal untuk dititipkan pada induk resipien, sehingga dapat diperoleh ternak dalam jumlah banyak untuk meningkatkan populasi sapi di Indonesia.

Proses fertilisasi in vitro meliputi pengambilan oosit dari folikel ovarium, maturasi oosit, kapasitasi sperma, fertilisasi in vitro, dan kultur oosit yang sudah difertilisasi untuk menjadi embrio

#### **5. Sexing Spermatozoa dan Embrio**

Sexing (spermatozoa ataupun embrio) merupakan salah satu hasil teknologi reproduksi yang dinilai sebagai alternatif yang menjanjikan dalam upaya efisiensi reproduksi untuk menghasilkan anak dengan jenis kelamin sesuai keinginan. Spermatozoa sexing telah diaplikasikan untuk inseminasi buatan (IB) dan transfer embrio dengan hasil bervariasi.

Teknik sexing spermatozoa dilakukan melalui pemisahan kromosom X dan Y berdasarkan perbedaan karakteristik morfologi, kandungan DNA, perbedaan protein makromolekul pada kedua kromosom serta perbedaan berat dan pergerakan spermatozoa.

#### **6. Transplantasi Nukleus (Kloning)**

Teknologi ini lebih dikenal dengan teknologi kloning yaitu teknologi yang digunakan untuk menghasilkan individu duplikasi (mirip dengan induknya). Teknologi kloning telah berhasil dilakukan pada beberapa jenis hewan. Salah satunya adalah pengkloningan domba yang dikenal dengan domba Dolly. Melalui kloning hewan, beberapa organ manusia untuk keperluan transplantasi penyembuhan suatu penyakit berhasil dibentuk.

Unsur-unsur yang esensial diperlukan dalam kloning DNA adalah:

- a) Enzim retraksi (enzim pemotong DNA)
- b) Kloning vektor (pembawa)
- c) Enzim ligase yang berfungsi menyambung rantai DNA

Adapun proses-proses dasar dalam kloning DNA meliputi:

- a) Pemotongan DNA (DNA organisme yang diteliti dan DNA vektor)
- b) Penyambungan potongan-potongan (fragmen) DNA organisme dengan DNA vektor menggunakan enzim ligase
- c) Transformasi rekombinan DNA (vektor + DNA sisipan) ke dalam sel bakteri *Escherichia coli*.
- d) Seleksi (screening) untuk mendapatkan klon DNA yang diinginkan.

## **7. Genetik Engineering (Rekayasa Genetik)**

Rekayasa genetik atau rekombinan DNA merupakan kumpulan teknik-teknik eksperimental yang memungkinkan peneliti untuk mengisolasi, mengidentifikasi, dan melipatgandakan suatu fragmen dari materi genetika (DNA) dalam bentuk murninya. Produk rekayasa genetika biasa disebut dengan istilah GMO (Gentically Modified Organism)

Pemanfaatan teknik genetika di dalam bidang pertanian maupun peternakan diharapkan dapat memberikan sumbangan, baik dalam membantu memahami mekanisme-mekanisme dasar proses metabolisme maupun dalam penerapan praktisnya seperti misalnya untuk pengembangan tanaman-tanaman pertanian maupun hewan-hewan ternak dengan sifat unggul. Untuk tujuan ini dapat dilakukan melalui pengklonan atau pemindahan gen-gen penyandi sifat-sifat ekonomis penting pada hewan maupun tumbuhan, pemanfaatan klon-klon DNA sebagai marker (penanda) di dalam membantu meningkatkan efisiensi seleksi dalam program pemuliaan.

Rekayasa genetika merupakan dasar dari bioteknologi yang di dalamnya meliputi manipulasi gen, kloning gen, DNA rekombinan, teknologi modifikasi genetik, dan genetika modern dengan menggunakan prosedur identifikasi, replikasi, modifikasi dan transfer materi genetik dari sel, jaringan, maupun organ. Sebagian besar teknik yang dilakukan adalah memanipulasi langsung DNA dengan orientasi pada ekspresi gen tertentu. Dalam skala yang lebih luas, rekayasa genetik melibatkan penanda atau marker yang sering disebut sebagai Marker-Assisted Selection (MAS) yang bertujuan meningkatkan efisiensi suatu organisme berdasarkan informasi fenotipnya.

Salah satu aplikasi dari rekayasa genetik adalah berupa manipulasi genom hewan. Hewan yang sering digunakan menjadi uji coba adalah mamalia. Mamalia memiliki ukuran genom yang lebih besar dan kompleks dibandingkan dengan virus, bakteri, dan tanaman.

Sebagai konsekuensinya, untuk memodifikasi genetik dari hewan mamalia harus menggunakan teknik genetika molekular dan teknologi rekombinan DNA.

### **Keunggulan dan Manfaat Rekayasa Genetik**

Keunggulan rekayasa genetik adalah mampu memindahkan materi genetik dari sumber yang sangat beragam dengan ketepatan tinggi dan terkontrol dalam waktu yang lebih singkat. Melalui proses rekayasa genetika ini, telah berhasil dikembangkan berbagai organisme maupun produk yang menguntungkan bagi kehidupan manusia. Teknologi khusus yang digunakan dalam rekayasa genetik meliputi teknologi DNA Rekombinan yaitu pembentukan kombinasi materi genetik yang baru dengan cara penyisipan molekul DNA ke dalam suatu vektor sehingga memungkinkannya untuk terintegrasi dan mengalami perbanyakan di dalam suatu sel organisme lain yang berperan sebagai sel inang.

Manfaat yang didapatkan dari metode rekayasa genetik, antara lain:

1. Mengurangi biaya dan meningkatkan penyediaan sejumlah besar bahan yang sekarang di gunakan di dalam pengobatan, pertanian dan industri.
2. Mengembangkan tanaman–tanaman pertanian yang bersifat unggul
3. Menukar gen dari satu organisme kepada organisme lainnya sesuai dengan keinginan manusia, menginduksi sel untuk membuat bahan-bahan yang sebelumnya tidak pernah dibuat dll

### **Prinsip Dan Teknik Dasar Rekayasa Genetik**

Beberapa metode yang sering digunakan dalam teknik rekayasa genetika meliputi penggunaan vektor, kloning, PCR (Polymerase Chain Reaction), dan seleksi, screening, serta analisis rekombinan. Adapun langkah-langkah dari rekombinasi genetik meliputi (1) Identifikasi gen yang diharapkan; (2) Pengenalan kode DNA terhadap gen yang diharapkan; (3) Pengaturan ekspresi gen yang sudah direkayasa; dan (4) Pemantauan transmisi gen terhadap keturunannya.

Memodifikasi materi genetik hewan telah banyak dilakukan dengan tujuan memiliki berbagai macam manfaat yang bisa diambil, antara lain:

1. Bidang Sains dan Kedokteran Hewan yang secara genetika sudah dimodifikasi atau dikenal dengan istilah Genetically Modified Animal (GMA) seperti pada hewan uji yakni mencit dapat digunakan untuk penelitian bagaimana fungsi yang ada pada hewan. Disamping itu juga digunakan untuk memahami dan mengembangkan perlakuan pada penyakit baik pada manusia maupun hewan.
2. Pengobatan Penyakit. Beberapa penelitian telah menggunakan protein pada manusia untuk mengobati penyakit tertentu dengan cara mentransfer gen manusia

ke dalam gen hewan, misalnya domba atau sapi. Selanjutnya hewan tersebut akan menghasilkan susu yang memiliki protein dari gen manusia yang akan digunakan untuk penyembuhan pada manusia.

3. Modifikasi Hasil Produksi Hewan. Beberapa negara melakukan rekayasa genetik pada hewan ternak yang diharapkan akan menghasilkan hewan ternak yang cepat pertumbuhannya, tahan terhadap penyakit, bahkan menghasilkan protein atau susu yang sangat bermanfaat bagi manusia.

### **Contoh Penerapan Rekayasa Genetik**

Dengan berkembangnya teknik-teknik molekuler, telah memungkinkan terjadinya percepatan perkembangan dalam bidang rekayasa genetik suatu makhluk hidup. Penguasaan teknik rekombinan DNA telah memungkinkan berkembangnya teknik rekayasa materi genetik yang memungkinkan dibentuknya hewan transgenik.

Hewan transgenik adalah hewan yang telah mengalami rekayasa susunan materi genetiknya sehingga dihasilkan hewan atau tumbuhan yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan manusia. Teknologi transgenik pada hewan dapat dilakukan melalui beberapa teknik, misalnya dengan cara penyuntikan fragmen DNA secara mikro ke dalam sel telur yang telah mengalami pembuahan.

Tujuan dari teknologi ini adalah meningkatkan produk dari hewan ternak seperti daging, susu, dan telur menjadi lebih tinggi. Contoh dari hewan yang mengalami teknologi ini adalah domba transgenik. DNA domba ini disisipi dengan gen manusia yang disebut factor VIII (merupakan protein pembeku darah) dengan harapan gen tersebut diekspresikan. Domba transgenik yang mengekspresikan gen yang disisipkan tersebut akan menghasilkan susu yang mengandung factor VIII yang dapat dimurnikan untuk menolong penderita hemophilia.

Rekayasa genetik juga dapat melestarikan spesies langka. Sebagai contoh, sel telur zebra yang sudah dibuahi lalu ditanam dalam rahim kuda yang merupakan spesies lain sebagai *surrogate mother* (ibu/ induk titipan).

Teknik pelestarian dengan rekayasa genetik ini sangat bermanfaat, dengan alasan:

1. Induk dari spesies biasa dapat melahirkan anak dari spesies langka.
2. Telur hewan langka yang sudah dibuahi dapat dibekukan, lalu disimpan bertahun-tahun meskipun induknya sudah mati. Telur yang sudah disimpan beku ini kemudian dapat ditransplantasi.

Contoh lain pemanfaatan rekayasa genetik pada hewan misalnya pemanfaatan Hormon bST (bovine somatotrophine hormone). Dengan rekayasa genetik dihasilkan hormon pertumbuhan hewan yaitu bST, melalui teknik:

1. Plasmid bakteri E.Coli dipotong dengan enzim endonuklease.
2. Gen somatotropin sapi diisolasi dari sel sapi
3. Gen somatotropin disisipkan ke plasmid bakteri
4. Bakteri yang menghasilkan bovine somatotrophine ditumbuhkan dalam tangki fermentasi
5. Bovine somatotrophine (bST) diambil dari bakteri dan dimurnikan.

Hormon ini dapat memicu pertumbuhan dan meningkatkan produksi susu. bST mengontrol laktasi (pengeluaran susu) pada sapi dengan meningkatkan jumlah sel-sel kelenjar susu. Jika hormon yang dibuat dengan rekayasa genetika ini disuntikkan pada hewan, maka produksi susu akan meningkat hingga 20%.

Pemakaian bST telah disetujui oleh FDA (Food and Drug Administration), lembaga pengawasan obat dan makanan di Amerika. Amerika berpendapat susu yang dihasilkan karena hormon bST aman dikonsumsi tapi di Eropa hal ini dilarang karena penyakit mastitis pada hewan yang diberikan hormon ini meningkat 70%. Selain mempengaruhi produksi susu, *treatment* dengan hormon ini dapat berpengaruh pada ukuran ternak hingga 2 kali lipat ukuran normal. Caranya dengan menyuntik sel telur yang akan dibuahi dengan hormon BST.

## **EVALUASI BELAJAR**

---

1. Sebutkan penerapan bioteknologi pada aspek reproduksi ternak!
2. Jelaskan masing-masing kelebihan dan kekurangan teknik bioteknologi pada reproduksi ternak!

## **BAB 5**

### **BIOTEKNOLOGI PADA PAKAN TERNAK**

---

Penerapan bioteknologi pada pakan ternak kerap kali menggunakan mikroorganisme. Tujuan utama penambahan mikroorganisme ke dalam pakan adalah untuk 1) mengawetkan pakan atau yang lebih dikenal dengan proses 'silase', 2) meningkatkan kualitas pakan yang rendah nilai gizinya, atau 3) memperbaiki kondisi rumen. Mikroorganisme yang dimanfaatkan ini dapat berupa 'probiotik' (bakteri, jamur, khamir atau campurannya) atau dapat berupa 'produk fermentasi' atau 'produk ekstrak dari suatu proses fermentasi' (biasanya "enzim") .

#### **1. PAKAN TERNAK**

Beberapa jenis mikroorganisme yang digunakan atau dicampur ke dalam pakan ternak berasal atau diisolasi dari makanan manusia seperti ragi (*Saccharomyces cerevisiae*), *Aspergillus oryzae*, *Lactobacillus* sp., dari tanah atau saluran pencernaan ternak seperti Starbio, probiotik "Tumbuh", Procion, Bioplus, EM4 dan sebagainya. Mikroorganisme mumi atau campuran ini diproduksi dengan berbagai cara tetapi metode yang dipublikasi biasanya hanya diuraikan secara garis besar . Beberapa produk campuran biasanya hanya disebutkan jumlah total bakteri tanpa dirinci jenis jenis bakteri yang ada di dalamnya.

#### **2. PAKAN TAMBAHAN**

##### **1. Probiotik**

Secara umum probiotik didefinisikan sebagai mikroorganisme hidup yang digunakan sebagai pakan imbuhan dan dapat menguntungkan inangnya dengan meningkatkan keseimbangan mikrobial pencernaannya. Pemberian mikroorganisme hidup tersebut dalam jumlah yang cukup dapat mempengaruhi komposisi dan ekosistem mikroflora pencernaannya.

Secara umum, ada beberapa karakteristik dan kriteria keamanan yang harus dimiliki oleh probiotik. Karakteristik dan kriteria yang aman dari probiotik :

1. Nontoksik dan nonpatogenik
2. Mempunyai identifikasi taksonomi yang jelas
3. Dapat hidup dalam spesies target
4. Dapat bertahan, berkolonisasi dan bermetabolisme secara aktif dalam target yg ditunjukkan dengan: a) Tahan terhadap cairan pencernaan dan empedu b) Persisten dalam saluran pencernaan c) Menempel pada ephitellium atau mucus d) Berkompetisi dengan mikroflora inang
5. Memproduksi senyawa antimikrobial
6. Antagonis terhadap patogen



7. Dapat merubah respon imun
8. Tidak berubah dan stabil pada waktu proses penyimpanan dan lapangan
9. Bertahan hidup pada populasi yang tinggi
10. Mempunyai sifat organoleptik yang baik

Berbagai jenis mikroorganisme yang digunakan sebagai probiotik diisolasi dari isi usus pencernaan, mulut, dan kotoran ternak atau manusia. Mikroorganisme yang digunakan sebagai probiotik harus non-patogen, Gram positif, strain yang spesifik, anti *E. coli*, tahan terhadap cairan empedu, hidup, melekat pada mukosa usus, dan minimal mengandung  $30 \times 10^9$  cfu/g.

Probiotik yang umum dan aman digunakan untuk ternak, yaitu: *Aspergillus niger*, *A. oryzae*, *Bacillus coagulans*, *B. lentus*, *B. pumilus*, *Bacteriodes amylophilus*, *B. ruminicola*, *Lactobacillus acidophilus*, *L. brevis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus acidolacticii*, *Propionibacterium shermanii*, *Sacharomyces cereviseae*, *Streptococcus cremoris*, *S. faecium*, *S. lactis* dan *S. thermophilus*. Probiotik campuran yang mengandung *Enterococcus faecium*, dan *Lactobacillus acidophilus* ditambah kultur kapang, digunakan untuk meningkatkan produksi susu pada ternak sapi perah. Syarat penggunaan probiotik juga harus memperhatikan inang yang diberi suplemen probiotik.

### **Mekanisme Kerja Probiotik**

Mekanisme kerja dari probiotik dapat dijelaskan sebagai berikut :

#### **1. Melekat atau Menempel dan Berkolonisasi dalam Saluran Pencernaan**

Kemampuan probiotik untuk bertahan hidup dalam saluran pencernaan dan menempel pada sel - sel usus merupakan tahap pertama untuk kolonisasi dan selanjutnya memodifikasi sistem kekebalan hewan inang. Kemampuan menempel yang kuat pada sel - sel usus ini akan menyebabkan mikroorganisme probiotik berkembang dengan baik dan mikroorganisme patogen tereduksi dari sel-sel usus inang sehingga pertumbuhan dari mikroorganisme patogen dapat terhambat.

#### **2. Kompetisi untuk Memperoleh Makanan dan Memproduksi Zat Antimikroorganisme**

Mikroorganisme probiotik menghambat organisme patogen dengan cara berkompetisi untuk mendapatkan sejumlah substrat bahan makanan untuk difermentasi. Substrat makanan tersebut diperlukan agar mikroorganisme probiotik dapat berkembang dengan baik. Substrat bahan makanan yang mendukung perkembangan mikroorganisme probiotik dalam saluran pencernaan disebut "prebiotik".

Prebiotik ini adalah terdiri dari bahan-bahan makanan yang pada umumnya banyak mengandung serat. Sejumlah mikroorganisme probiotik menghasilkan senyawa atau zat - zat yang diperlukan untuk membantu proses pencernaan substrat bahan makanan tertentu dalam

saluran pencernaan yaitu enzim. Mikroorganisme probiotik penghasil asam laktat dari spesies *Lactobacillus*, menghasilkan enzim selulase yang membantu proses pencernaan. Enzim ini mampu memecah serat kasar yang merupakan komponen yang sulit dicerna dalam saluran pencernaan unggas.

### 3. Stimulasi Mukosa dan Peningkatkan Sistem Kekebalan Hewan Inang

Kemampuan mikroorganisme probiotik mengeluarkan toksin yang mereduksi atau menghambat perkembangan mikroorganisme patogen dalam saluran pencernaan, merupakan suatu kondisi yang dapat meningkatkan kekebalan hewan inang. Toksin–toksin yang dihasilkan tersebut merupakan antibiotika bagi mikroorganisme– mikroorganisme patogen, sehingga penyakit yang ditimbulkan oleh mikroorganisme patogen tersebut berkurang atau dapat hilang atau sembuh dengan sendirinya. Hal ini dapat memberikan keuntungan terhadap kesehatan hewan inang sehingga tahan terhadap penyakit, dengan demikian pemberian probiotik pada ternak unggas diharapkan dapat memberikan manfaat terutama peningkatan penampilan produksi, yaitu kuantitas (produksi ternak dan daging yang tinggi) dan kualitas (kualitas telur dan daging yang baik dan higienis) sehingga kedepan diharapkan dapat menjadikan usaha peternakan unggas menjadi lebih ekonomis dan menguntungkan

#### **Contoh Pembuatan Probiotik**

Menurut Puslitbangnak (2013), probiotik dapat dibuat dari yakult yang mengandung bakteri *Lactobacillus casei*. Bahan yang digunakan untuk membuat Biokult ini adalah 1 botol (50 ml) yakult, 4 liter tetes tebu dan 40 liter air. Ketiga bahan tersebut dicampur dalam tong plastik dan diaduk sampai homogen kemudian tutup rapat, pengadukan dilakukan setiap hari. Setelah hari ke 3 tercium bau harum Biokult dan mulai bisa digunakan untuk pakan ternak. Daya kerja biokult ini efektif sampai 21 hari semenjak pembuatannya. Biokult diujicobakan pada 5 ekor ternak domba lokal jantan dan hasilnya dibandingkan dengan 5 ekor domba lokal jantan lain yang tidak memperoleh Biokult. Masing-masing ternak domba dari 2 kelompok perlakuan tersebut memperoleh pakan yang sama, yaitu pollard 0,5 kg/hari, ampas tahu 0.5 kg dan rumput lapangan tak terbatas (*ad libitum*). Perlakuan biokult yakni dengan mencampurkannya ke dalam pollard sebanyak 4% (20 ml/ekor/hari).

#### **2. Prebiotik**

Secara umum batasan prebiotik yaitu suatu bahan makanan yang tidak dapat dicerna dan mempunyai pengaruh yang menguntungkan pada inang melalui stimulasi pertumbuhan dan atau aktivitas secara selektif terhadap satu atau beberapa jenis mikroorganisme menguntungkan dalam pencernaan. Prebiotik golongan non-digestible karbohidrat termasuk

laktulosa, inulin, resistant starch dan sejumlah oligosakarida yang dapat menjadi sumber karbohidrat bagi bakteri yang menguntungkan dalam saluran pencernaan.

Prebiotik dapat menjadi sumber energi dan atau nutrisi terbatas lainnya bagi mukosa usus dan substrat untuk fermentasi bakteri cecal dalam menghasilkan vitamin dan antioksidan yang dapat menguntungkan inangnya.

Prebiotik yang telah banyak dipelajari dan dimanfaatkan untuk ternak yaitu mananoligosakarida (MOS), saat ini telah diproduksi secara komersial misalnya MOS dengan merek Bio-Mos®.

### **PENGGUNAAN PROBIOTIK DAN PREBIOTIK PADA TERNAK**

Target utama dari penggunaan probiotik dan prebiotik yaitu:

1. Peningkatan ketahanan inang terhadap patogen eksogenus pencernaan;
2. Mengontrol penyakit dimana komponen mikroflora pencernaan telah diimplikasi dalam aetiologi;
3. Menurunkan keracunan metabolisme mikrobial dalam pencernaan; dan
4. Mengatur sistem imunitas inang.

Secara keseluruhan, tujuan dari strategi ini yaitu meningkatkan pertumbuhan bakteri yang dapat bersaing dengan, atau antagonis terhadap bakteri patogen

### **EVALUASI BELAJAR**

---

1. Apakah tujuan penambahan mikroorganisme pada pakan ternak?
2. Jelaskan pengertian probiotik!
3. Bagaimana mekanisme kerja probiotik?
4. Jelaskan kriteria mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai probiotik!
5. Jelaskan pembuatan probiotik dari mikroorganisme lokal!
6. Jelaskan pengertian prebiotik!
7. Apa manfaat probiotik dan prebiotik?

## BAB 6

### BIOTEKNOLOGI PADA KESEHATAN TERNAK

---

#### 1. Antibodi

Sistem kekebalan pada manusia dan binatang sangat kompleks. Sel-sel sepanjang seluruh tubuh bekerjasama mengenali material asing yang sudah masuk ke dalam tubuh, dan menyerang untuk menetralkan atau menghancurkan material asing tersebut. Material asing yang merangsang untuk membentuk kekebalan disebut antigen. Antigen mungkin adalah bakteri, jamur, ataupun virus

Sistem kekebalan bereaksi dengan antigen memproduksi antibodi. Respon ini disebut *antibody-mediated immunity*. Ketika mengarah ke antigen, limfosit B (sel B) adalah suatu jenis sel darah putih atau leukosit yang mengenali dan mengikat antigen. Limfosit T (sel T) berperan penting dalam membantu sel B mengenali dan merespon terhadap antigen. Setelah pembongkaran antigen, sel B berkembang untuk membentuk sel plasma, yang menghasilkan dan mengeluarkan antibodi. Kebanyakan antibodi dilepaskan antara lain ke dalam aliran darah, air mata, dan cairan lapisan sistem pencernaan.

Salah satu tujuan untuk memproduksi antibodi adalah menyediakan perlindungan terakhir melawan antigen. Pada waktu proses perkembangan sel B, beberapa sel B menjadi sel memori yang memiliki kemampuan untuk mengenali benda asing berikutnya, respon dalam pertumbuhan, memproduksi lebih banyak sel plasma, dan menyediakan antibodi pada tubuh dengan perlindungan jangka panjang melawan antigen.

Antibodi sangat spesifik untuk antigen yang dibuat. Antibodi mengikat dan melapisi antigen di mana antibodi dibuat. Setelah antigen ditutupi dengan antibodi, tipe leukosit makrofag yang sering bisa mengenali mereka. Sel makrofag tersebut sangat efektif memfagosit. Dalam fagositosis, makrofag menelan penutup antigen dengan antibodi, kemudian organel dalam makrofag disebut lisosom melepaskan saluran enzim pencernaan antigen. Ketika antigen berupa bakteri, beberapa antibodi melibatkan mekanisme pemecahan sel, proses tersebut disebut sel lisis.

#### 2. Vaksin

Vaksin adalah bibit penyakit yang sudah dilemahkan atau sudah dimatikan dengan prosedur tertentu, digunakan untuk merangsang pembentukan zat kekebalan tubuh, dan dapat menahan serangan penyakit. Vaksinasi adalah usaha pengebalan hewan dengan menggunakan vaksin yang merupakan pertahanan ke dua dalam upaya mengendalikan dan memberantas wabah penyakit.

Vaksin dibuat dari virus atau bakteri patogen yang menyebabkan terjadinya penyakit. Substansi patogen inilah yang bila disuntikan ke dalam tubuh diharapkan dapat membantu memerangi penyakit. Sehingga dapat juga disimpulkan bahwa tujuan vaksin adalah suatu usaha untuk merangsang daya tahan tubuh dengan memasukkan bibit penyakit yang dilemahkan dan dicampur dengan bahan lain. Pada masa lalu pembuatan vaksin banyak menggunakan serum binatang, namun kemudian penggunaan bahan ini dilarang karena dampak buruk yang ditimbulkan tidak terbandung. Pada masa sekarang ini pembuatan vaksin dengan menggunakan virus dan bakteri.

Terdapat tiga perencanaan utama untuk menciptakan sistem kekebalan dengan menggunakan vaksin, yaitu:

- a) *Subunit vaccine*, dibuat dengan injeksi bagian struktur bakteri atau virus, pada umumnya protein atau lemak dari mikroorganisme.
- b) *Attenuated vaccine* (vaksin yang dilemahkan), melibatkan penggunaan kehidupan virus atau bakteri yang telah dilemahkan dengan *genetic engineering* untuk mencegah replikasi setelah mereka dimasukkan ke dalam penerima vaksin..
- c) *Inactivated vaccine* (vaksin tidak aktif), dibuat dengan membunuh patogen dan menggunakan jasad renik *inactive* atau yang mati untuk vaksin. Contoh vaksin *inactive* yang menjadi umum di tahun terakhir diantaranya vaksin rabies diatur untuk anjing dan kucing.

### **3. Peranan Mikroorganisme pada Proses Diagnosa**

Sudah diketahui sebelumnya bahwa banyak mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit, baik itu pada manusia, hewan, maupun tumbuhan. Ilmuwan dapat menggunakan berbagai teknik molekuler untuk mendeteksi dan mengetahui gejalanya yang disebut dengan diagnosis mikroorganisme.

#### **1. Strategi Pendeteksi Mikroorganisme**

Teknik molekuler seperti analisis *Restriction Fragment Length Polymorphism* (RFLP), PCR, dan rangkaian DNA bisa digunakan untuk mengidentifikasi bakteri. Jika genom dari patogen besar dan memproduksi banyak enzim fragmen, yang mencegah menunjukkan pita-pita pada gel agarose, DNA mungkin diberlakukan dalam analisis blot Southern. Sebagai contoh, jika seorang dokter menduga infeksi bakteri atau virus, sampel termasuk darah, saliva, feses, dan cairan serebrospinal dari pasien bisa digunakan untuk mengisolasi bakteri dan viral patogen. DNA dari dugaan patogen yang kemudian diisolasi dan digunakan dalam teknik molekuler seperti PCR. PCR adalah alat penting dalam tes pendiagnosan di laboratorium

klinikal mikrobiologi dan digunakan untuk mendiagnosis penyebab infeksi melalui mikroorganisme.

## 2. Jejak Mikroorganisme Penyebab Penyakit

Ahli ilmu pengetahuan menggunakan teknik biologi molekuler untuk contoh dari mikroorganisme penyebab penyakit dan penjangkitan penyakit yang mereka timbulkan. Seperti yang telah diketahui, mikroorganisme memiliki peran penting dalam produk sehari-hari seperti yoghurt dan keju. Produk-produk tersebut juga mudah terkena kontaminasi dengan mikroorganisme patogen. Informasi mengenai mikroorganisme pada susu bisa digunakan untuk mendeteksi kualitas susu dan kerusakan pada susu tersebut. Kontaminasi bakteri pada makanan adalah masalah yang signifikan saat ini. *Salmonella* dapat mengkontaminasi daging, unggas, dan juga telur. *Salmonella* dapat menginfeksi pada usus manusia yang bisa menyebabkan diare dan muntah yang serius, gejala yang biasanya disebut dengan keracunan makanan.

Setelah dengan sukses merespon pada 1993 penjangkitan kontaminasi pada daging dengan *E. coli*, *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) dan Departemen US Agrikultural membuat jaringan dari laboratorium deteksi untuk memperluas ulasanya. Jaringan ini disebut PulseNet, memungkinkan ahli biologi menggunakan DNA sidik jari dengan cepat mengidentifikasi mikroorganisme yang dimasukkan dalam kondisi kesehatan publik. Hasilnya bisa dibandingkan dengan data untuk diidentifikasi penjangkitan mikroorganisme yang mengkontaminasi makanan dan untuk memutuskan bagaimana untuk menanggapi sehingga meminimalisir masyarakat yang terinfeksi.

## 3. *Microarray* untuk Melacak Penyakit Menular

*Microarray* digunakan untuk mempelajari perubahan ekspresi gen yang terjadi ketika suatu organisme terinfeksi oleh patogen, menyediakan *signature* untuk infeksi oleh partikular organisme. Dengan potongan, contoh gen yang terstimulasi atau terhambat oleh patogen bisa dianalisis seperti tanda khusus yang unik pada patogen tersebut.

## 4. Antibiotik

Antibiotik adalah produk metabolisme yang dihasilkan oleh mikroorganisme tertentu yang mempunyai sifat dapat menghambat pertumbuhan atau merusak mikroorganisme lain. Antibiotik pertama yang digunakan untuk mengobati penyakit pada manusia adalah tirotrisin. Antibiotik ini diisolasi dari bakteri *Bacillus brevis* (suatu bakteri tanah) oleh Rene Dubois.

Penelitian tentang antibiotik pertama kali dilakukan oleh A. Gratia dan S. Dath pada tahun 1924. Dari hasil penelitian ini dihasilkan actinomisetin dari *Actinomycetes*. Pada tahun

1928 Alexander Flemming menemukan antibiotik penisilin dari jamur *Penicillium notatum*. Antibiotik ini mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*.

Tabel 3. Jenis Mikroorganisme Penghasil Antibiotik

No	Mikroorganisme	Antibiotik
1	<b>Actinomycetes :</b>	
	<i>Sterptomycetes griseus</i>	<i>Streptomycin</i>
	<i>Sterptomycetes erythraeus</i>	<i>Erythromycin</i>
	<i>Sterptomycetes noursei</i>	<i>Nystatin</i>
	<i>Sterptomycetes nodosus</i>	<i>Amphoetericin-B</i>
	<i>Sterptomycetes niveus</i>	<i>Novobiocin</i>
2	<b>Bakteri :</b>	
	<i>Bacillus licheniformis</i>	<i>Bacitracin</i>
	<i>Bacillus polymyxa</i>	<i>PolymixynB</i>
3	<b>Jamur :</b>	
	<i>Aspergillus fumigates</i>	<i>Fumigilin</i>
	<i>Penicillium notatum</i>	<i>Penisilin</i>
	<i>Penicillium griseofulvum</i>	<i>Griseofulvin</i>

Antibiotik digunakan untuk melawan berbagai infeksi mikroorganisme patogen. Mikroorganisme patogen adalah mikroorganisme yang menyebabkan penyakit. Antibiotik dibuat dengan cara tertentu. Tahap-tahap pembuatan antibiotik adalah sebagai berikut.

1. Mikroorganisme penghasil antibiotik dikembangkan
3. Mikroorganisme dipindahkan ke dalam bejana fermentasi yang berisi media cair. Pada bejana fermentasi ini mikroorganisme dipacu untuk berkembang biak dengan cepat.
4. Dari cairan biakan mikroorganisme tersebut, antibiotik diekstraksi dan dimurnikan, kemudian dilakukan pengujian pertama kali dengan cara diuji di dalam laboratorium menggunakan cawan petri, apakah antibiotik tersebut dapat mematikan kuman atau tidak. Kedua, antibiotik diujikan pada hewan percobaan. Ketiga, apabila hasil pengujian pada hewan percobaan ternyata aman, maka antibiotik ini dapat diujikan pada sekelompok orang dengan pengawasan ketat dari para ahli.

Dalam bidang peternakan, pemakaian antibiotika selain untuk pengobatan penyakit, juga digunakan untuk memacu pertumbuhan ternak (growth promotor), yang umumnya ditambahkan dalam pakan sebagai imbuhan. Pada pemakaian antibiotika dalam bidang peternakan, faktor keamanan harus dipertimbangkan, diantaranya adalah keamanan produk peternakan dari residu antibiotika yang digunakan.

Di Indonesia, kesadaran akan bahaya residu antibiotika dalam produk peternakan masih kurang mendapatkan perhatian, karena pengaruhnya memang tidak terlihat secara langsung .

Akan tetapi akan membahayakan kesehatan manusia, apabila produk peternakan seperti susu, daging dan telur yang mengandung residu dikonsumsi secara terus menerus setiap hari.

Selain dapat menyebabkan resistensi, residu antibiotika juga dapat menimbulkan alergi, dan kemungkinan keracunan. Timbulnya bakteri yang resisten tersebut disebabkan oleh pemakaian antibiotika yang tidak tepat dan tidak wajar baik dalam memilih jenis antibiotika maupun dosis serta lama pemakaian.

Adanya residu antibiotika dalam produk peternakan akan menjadi kendala dalam penyediaan produk peternakan sebagai komoditi ekspor, sehingga produk peternakan dari Indonesia tidak dapat diterima di era perdagangan bebas. Akibatnya, akan menurunkan kepercayaan dunia terhadap produk peternakan Indonesia.

Seharusnya, pada pemakaian antibiotika dan obat hewan lainnya dalam bidang peternakan perlu diperhatikan waktu henti atau *withdrawal time* dari antibiotika yang bersangkutan. Yang dimaksud dengan waktu henti adalah kurun waktu dari saat pemberian obat yang terakhir hingga ternak boleh dipotong atau produknya seperti susu dan telur boleh dikonsumsi. Setelah waktu henti terlampaui, diharapkan tidak ditemukan lagi residu obat atau residu telah berada dibawah nilai batas maksimum, sehingga produk ternak yang bersangkutan dapat dikatakan aman untuk dikonsumsi.

## **EVALUASI BELAJAR**

---

1. Apakah perbedaan antara antibodi dan antigen?
2. Jelaskan pengertian dan manfaat vaksin!
3. Bagaimanakah peranan mikroorganisme dalam proses diagnose penyakit?
4. Jelaskan pengertian dan manfaat antibiotik!
5. Jelaskan prinsip pembuatan antibiotik?
6. Bagaimanakah penggunaan antibiotik di Indonesia saat ini?
7. Bagaimanakah penggunaan antibiotik untuk ternak yang benar?



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2013. Biokult: Bahan Pakan Adatif dalam Bentuk Probiotik untuk Meningkatkan Produktivitas Domba. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.  
<http://puslitbangnak.blogspot.com/2013/09/biokult-bahan-pakan-adatif-dalam-bentuk.html> Diakses pada 17 November 2018.
- Aini, dkk. 2016. Kemampuan Fertilisasi Spermatozoa Sexing dan Perkembangan Awal Embrio Secara In Vitro pada Sapi. JSV 34(2), Desember 2016.
- Asmarasari, Santiananda dan Zain, W. N. H. TT. Respons Pemberian Probiotik Dlaam Pakan erhadap Produksi Susu Sapi Perah. Semiloka Nasional Prospek Industri Sapi Perah Menuju Perdagangan Bebas 2020.
- Haryati, Tuti. 2011. Probiotik dan Prebiotik sebagai Pakan Imbuan Ternak Non-Ruminansia. Wartazoa Vol.21 No.3 Tahun 2011.
- Lindung. TT. Tanaman Transgenik. Balai Pelatihan Pertanian Jambi.  
<http://www.bppjambi.info/dwnfilemanager.asp?id=584> Diakses pada 17 November 2018.
- Murdiati, Tri. 1997. Pemakaian Antibiotika Dalam Usaha Peternakan. Wartazoa Vol. 6 No. 1 Th 1997.
- Nuraida, Dede. 2012. Pemuliaan Tanaman Cepat dan Tepat Melalui Pendekatan Marka Molekuler. El-Hayah Vol.2, No.2 Maret 2012.
- Pamungkas, Fitra. 2010. Pemanfaatan Metode Vitrifikasi untuk Kriopreservasi Oosit Mamalia. Wartazoa Vol. 20 No. 3 Tahun 2010.
- Pramashinta, Alice; Riska, Listiyana; Hadiyanto. 2014. Bioteknologi Pangan: Sejarah, Manfaat dan Potensi Risiko. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan 3 (1) 2014.
- Roostika, Ika. 2013. Perkembangan Aplikasi Teknik Kriopreservasi untuk Konservasi dan Mendukung Program Pemuliaan Tanaman. Jurnal AgroBiogen 9(1):39-48.
- Sophian, Edy dan Afiati, Fifi. 2016. Peranan Bioteknologi Reproduksi Dalam Peningkatan Kualitas Ternak. BioTrends Vol. 7 No.1 Tahun 2016.
- Sutarno. 2016. Rekayasa Genetik Dan Perkembangan Bioteknologi Di Bidang Peternakan. Proceeding Biology Education Conference Vol 13(1) 2016: 23-27.
- Syaiful, dkk. 2011. Pengaruh Waktu Fertilisasi dan Sistem Inkubasi yang Berbeda terhadap Tingkat Fertilisasi Sapi Lokal Secara In Vitro. Jurnal Peternakan Indonesia Vol.13(1).
- Zurmiati, dkk. 2014. Aplikasi Probiotik untuk Ternak Itik. Jurnal Peternakan Indonesia, Vol.16(2).