

**MODUL MATA KULIAH
BIOTEKNOLOGI DASAR
(IBD 121)**

Universitas
Esa Unggul



Unive Disusun Oleh
Esa Unggul
Seprianto, S.Pi., M.Si.

**PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI
FAKULTAS ILMU-ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS ESA UNGGUL**

Universit
Esa Unggul

2017

Universitas
Esa Ui

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmatNya sehingga penyusunan Modul Matakuliah Bioteknologi Dasar ini dapat terselesaikan dengan baik. Modul matakuliah ini disusun bagi mahasiswa program studi Bioteknologi, Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan, Universitas Esa Unggul yang mengikuti mata kuliah Bioteknologi Pangan agar dapat melaksanakan kegiatan perkuliahan dengan sebaik-baiknya.

Modul mata kuliah ini dapat disusun dengan bantuan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih kami sampaikan ke berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan Modul Mata Kuliah ini

Penulis berharap semoga Modul Mata Kuliah ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat membantu khususnya bagi para mahasiswa yang menempuh matakuliah Bioteknologi Dasar ini. Penulis menyadari bahwa Modul Mata Kuliah ini masih jauh dari sempurna sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi terus meningkatkan kualitas dan kesempurnaan Modul ini.

Jakarta, 1 September 2017

Tim Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Bab 1. Pengertian dan Sejarah Bioteknologi	1
Bab 2. Cabang Keilmuan Bioteknologi	9
Bab 3. Pemanfaatan Bioteknologi Bagi Kehidupan.....	21
Bab 4. Perkembangan Bioteknologi Kedokteran.....	26
Bab 5. Perkembangan Bioteknologi Pangan.....	45
Bab 6. Teknik dasar Laboratorium Bioteknologi.....	56
Bab 7. Bioetika dalam Bioteknologi	70
Bab 8. Pemanfaatan Biodiversitas dalam Bioteknologi.....	80
Bab 9. Bioinformatika dalam Bioteknologi.....	94

BAB I. PENGERTIAN DAN SEJARAH BIOTEKNOLOGI

A. Pengantar

Pemahaman tentang Bioteknologi bagi mahasiswa Program studi Bioteknologi merupakan ilmu dasar yang harus dikuasai dan menjadi penunjang aplikasi bioteknologi di bidang kesehatan, pangan dan bioenergi. Sejarah perkembangan bioteknologi menjadi awal perkembangan bioteknologi moderen yang sudah berkembang saat ini.

Bioteknologi dapat didefinisikan sebagai aplikasi proses biologis dengan menggunakan sel-sel mikroba, tanaman maupun hewan serta bagian-bagian daripadanya, untuk menghasilkan barang dan jasa. Maka bioteknologi pangan dapat diartikan solusi bioteknologi dibidang pangan, sejak dari mempersiapkan bahan sampai dengan pengolahannya menjadi produk siap olah maupun siap hidang pangan adalah ilmu yang mempelajari tentang pemanfaatan berbagai jenis mikroba atau mikroorganisme yang menguntungkan yang bertujuan untuk menghasilkan produk bahan pangan manusia. Bioteknologi pangan atau makanan memanfaatkan mikroorganisme untuk melakukan pengelolaan makanan dengan mengubah bahan makanan menjadi bentuk lain.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dan memahami tentang pengertian Bioteknologi serta sejarah perkembangan bioteknologi tersebut dari masa- kemas.

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Memahami tentang sejarah perkembangan bioteknologi
2. Menjelaskan prinsip dasar dalam pengembangan bioteknologi dari dulu hingga sekarang
3. Menerapkan aplikasi Bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari

D. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen

E. Materi

1. Pendahuluan (Pengertian Bioteknologi)

Meningkatnya kualitas hidup serta nilai-nilai budaya manusia itu sendiri akan menuntut peningkatan dari kualitas kebutuhannya, sedangkan pertambahan jumlah populasi manusia akan meningkatkan kuantitas kebutuhan tersebut. Untuk memenuhi kebutuhan manusia tersebut maka berkembanglah suatu kemajuan teknologi baru yang memberikan kesempatan kepada manusia untuk menjadi arsitek kehidupan yaitu Bioteknologi. Bioteknologi berasal dari kata “bio” dan “teknologi” yang dapat diartikan sebagai penggunaan organisme atau sistem hidup untuk memecahkan suatu masalah atau untuk menghasilkan produk yang berguna.

Dalam kurun waktu 20 tahun terakhir ini, bioteknologi telah mengalami perkembangan sangat pesat. Di beberapa negara maju, bioteknologi mendapatkan perhatian serius dan dikembangkan secara intensif dengan harapan dapat memberi solusi untuk mengatasi berbagai permasalahan yang dihadapi manusia pada saat ini maupun yang akan datang yang menyangkut; kebutuhan pangan, obat-obatan, penelitian, yang pada gilirannya semuanya bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan hidup umat manusia

Bioteknologi secara sederhana sudah dikenal oleh manusia sejak ribuan tahun yang lalu. Sebagai contoh, di bidang teknologi pangan adalah pembuatan bir, roti, maupun keju yang sudah dikenal sejak abad ke-19. Sebagai ilustrasi; penemuan-penemuan baru dibidang imunologi (ilmu yang mempelajari sistem kekebalan tubuh) telah berhasil diproduksi antibodi-monoklonal (MAb) secara massal. Penemuan MAb dengan metode klonasi (clone), memiliki kelebihan antara lain: peka (sensitivitas), khas (spesifitas), dan akurat. Selain itu, MAb dapat pula digunakan untuk memberikan jasa pelayanan dalam berbagai hal seperti: diagnosis suatu penyakit dengan akurat, pencegahan dan pengobatan penyakit. Kontribusi MAb telah dapat dirasakan manfaatnya khususnya dalam dunia riset (research) seperti: enzymeimmunoassay (EIA), radioimmunoassay (RIA), dan immunositokimia (immunocytochemistry). Istilah bioteknologi untuk pertama kalinya dikemukakan oleh Karl Ereky, seorang insinyur Hongaria pada tahun 1917 untuk mendeskripsikan produksi babi dalam skala besar dengan menggunakan bit gula sebagai sumber pakannya (Suwanto, 1998). Beragam batasan dan

pengertian dikemukakan oleh berbagai lembaga untuk menjelaskan tentang Bioteknologi. Beberapa diantaranya akan diulas singkat sebagai berikut:

1. Menurut Bull et al. (1982), bioteknologi merupakan penerapan asas-asas sains (ilmu pengetahuan alam) dan rekayasa (teknologi) untuk pengolahan suatu bahan dengan melibatkan aktivitas jasad hidup untuk menghasilkan barang dan/atau jasa.

2. Bioteknologi merupakan penerapan prinsip-prinsip ilmu pengetahuan dan 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 mengembangka mikroorganisme untuk penggunaan khusus (OTA-US, 1982).

4. Menurut Primrose (1987), secara lebih sederhana bioteknologi merupakan eksploitasi komersial organisme hidup atau komponennya seperti; enzim.

5. Bioteknologi berasal dari dua kata, yaitu 'bio' yang berarti makhluk hidup dan 'teknologi' yang berarti cara untuk memproduksi barang atau jasa. Dari paduan dua kata tersebut European Federation of Biotechnology mendefinisikan bioteknologi sebagai perpaduan dari ilmu pengetahuan alam dan ilmu rekayasa yang bertujuan meningkatkan aplikasi organisme hidup, sel, bagian dari organisme hidup, dan/atau analog molekuler untuk menghasilkan produk dan jasa.

6. Atau secara tegas dinyatakan, Bioteknologi merupakan penggunaan terpadu biokimia, mikrobiologi, dan ilmu-ilmu keteknikan dengan bantuan mikroba, bagian-bagian mikroba atau sel dan jaringan organisme yang lebih tinggi dalam penerapannya secara teknologis dan industri (EFB., 1983)

Berdasarkan terminologinya, maka bioteknologi dapat diartikan sebagai berikut:

1. "Bio" memiliki pengertian agen hayati (living things) yang meliputi; organisme (bakteri, jamur (ragi), kapang), jaringan/sel (kultur sel tumbuhan atau hewan), dan/atau komponen sub-selulernya (enzim).

2. "Tekno" memiliki pengertian teknik atau rekayasa (engineering) yaitu segala sesuatu yang berkaitan dengan rancang-bangun, misalnya untuk rancang

bangun suatu bioreaktor. Cakupan teknik disini sangat luas antara lain; teknik industri

Di Negara kita banyak dijumpai produk-produk makanan tradisional hasil proses fermentasi atau kerja mikroorganisme, seperti tempe, oncom, dan tapai. Semua itu digolongkan kedalam bioteknologi tradisional atau konvensional. Bioteknologi tradisional memiliki ciri, semua hasil akhir dan produktivitasnya adalah sebagai proses alamiah, sesuai dengan kemampuan dasar yang dimiliki oleh tiap mikroorganisme yang berperan. Proses-proses bioteknologi dalam bidang pangan saat ini meliputi proses fermentasi yaitu berupa bahan makanan seperti yogurt, keju, bir, anggur, cuka, roti, dan kecap

2. Sejarah Bioteknologi

Sejarah Bioteknologi berawal dari 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. Kronologi Perkembangan Bioteknologi Pangan (Hulse, 2004) :

Bioteknologi dalam artian pemanfaatan mikroorganisme untuk mengolah makanan dan minuman, telah dikenal sejak jaman dahulu sebelum masehi. Orang mesir kuno telah mengenal pemanfaatan mikroorganisme 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 kedalam

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"
Abad ke-18	Linnaeus (Swedia) membuat formula taksonomi klasifikasi tanaman dan hewan. Spallanzani (Italia) mensterilisasi makanan dan bahan organik dengan memanaskan dalam tangki kedap udara. Spallanzani mendemonstrasikan fertilisasi telur dengan spermatozoa.
Abad ke-19	1820. Bracconot (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 diumpukan ke babi.
1825.	F. B. Raspall menggunakan iodine sebagai pewarna untuk menampilkan distribusi pati dalam sel tanaman, dikenal sebagai bapak histo-chemistry
1827	K. E. von Baer (Estonian) mendeskripsikan telur mamalia
1830	Robert Brown (Scotland) mendeskripsikan nukleus sel tanaman
1860s	Louis Pasteur (French) membuktikan bahwa mikroba adalah penyebab busuk 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.
. Abad ke-20	Pengakuan teori Mendel tentang penurunan sifat pada semua tanaman dan hewan
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

3. Perkembangan Bioteknologi

1. Bioteknologi konvensional

Pengembangan Bioteknologi konvensional lebih banyak dalam menghasilkan produk makanan memanfaatkan jasa mikroorganisme dalam pengolahannya. Peranan mikroorganisme dalam pengolahan makanan ini adalah mengubah bahan makanan menjadi bentuk lain, sehingga nilai gizinya lebih tinggi, zat gizi lebih mudah diserap dan dimanfaatkan, serta mempunyai cita rasa yang lebih menarik. Perhatikan beberapa contoh jenis makanan dan mikroorganisme yang berperan dalam pengolahannya pada tabel berikut ini. Ciri-

ciri bioteknologi konvensional; kurang steril, jumlah sedikit (terbatas), kualitas belum terjamin. Contoh: industri tempe, tape, anggur, yoghurt, dsb. Tabel produk makanan dan mikroorganisme yang berperan dalam pengolahannya

Produk Makanan	Bahan Mentah	Mikroorganisme Pengolah
Berbagai jenis kue	Tepung gandum	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Kopi	Biji kopi	<i>Erwinia dissolvens</i>
Kecap	Kedelai	<i>Aspergillus wentii</i>
Yoghurt	Susu	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> dan <i>L. Acidophilus</i>
Keju	Susu	<i>Lactobacillus casei</i>
Nata de coco	Air kelapa	<i>Acetobacter xylinum</i>
Oncom	Kacang tanah	<i>Neurospora crassa</i>
Tape	Umbi ketela pohon atau beras ketan	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Tempe	Kedelai	<i>Rhizopus oryzae</i>
Sayur asin	Sawi hijau	<i>Bakteri asam laktat.</i>

Pemanfaatan mikroorganisme sebagai pengolah bahan makanan telah lama dikenal dan dilakukan oleh banyak orang. Misalnya, digunakan untuk membuat tape, tempe, kecap, dan sebagainya. Berikut ini adalah beberapa contoh peran mikroorganisme sebagai pengolah makanan

2. Bioteknologi modern

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

seperti:

- 1) Kultur jaringan merupakan suatu metode untuk memperbanyak jaringan/sel yang berasal atau yang didapat dari jaringan orisinal tumbuhan atau hewan setelah terlebih dahulu mengalami pemisahan (disagregasi) secara mekanis, atau kimiawi (enzimatis) secara in vitro (dalam tabung kaca).

- 2) Teknologi DNA rekombinan (recombinant DNA technology) adalah suatu metode untuk merekayasa genetik dengan cara menyisipkan (insert) gen yang dikehendaki ke dalam suatu organisme. Transgenik adalah suatu metode untuk. Rekayasa protein (protein engineering).
- 3) Hibridoma adalah suatu metode untuk menggabungkan dua macam sel eukariot dengan tujuan mendapatkan sel hibrid yang memiliki kemampuan kedua sel induknya.
- 4) Kloning adalah suatu metode untuk menghasilkan keturunan yang dikehendaki sama persis dengan induknya.
- 5) Polymerase chains reaction (PCR) merupakan metode yang sangat sensitif untuk mendeteksi dan menganalisis sekuen asam nukleat. RT-PCR untuk memperbanyak (amplifikasi) rantai RNA menjadi DNA; tissue/cells → extracted → RNA/mRNA → rT-PCR → copy DNA (cDNA).
- 6) Hibridisasi DNA adalah metode untuk menyeleksi sekuen DNA dengan menggunakan probes DNA untuk hibridisasi (pencangkakan) rantai DNA. Pita ganda

F. Evaluasi Belajar

a. Rangkuman

Bioteknologi dapat didefinisikan sebagai aplikasi proses biologis dengan menggunakan sel-sel mikroba, tanaman maupun hewan serta bagian-bagian daripadanya, untuk menghasilkan barang dan jasa. Sejarah Bioteknologi berawal dari 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 bioteknologi sebagai penerapan teknologi pemanfaatan mikroorganisme dikenal dengan Bioteknologi Konvensional Pemanfaatan mikroorganisme sebagai pengolah bahan makanan telah lama dikenal dan dilakukan oleh banyak orang dan Bioteknologi modern bioteknologi modern tidak terlepas dengan aplikasi metode-metode mutakhir bioteknologi (current methods of biotechnology).

b. Latihan

1. Apa yang dimaksud Bioteknologi?
2. Sebutkan Peran Bioteknologi dalam perkembangan Bioteknologi
3. Jelaskan Kelompok Bioteknologi?

G. Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Tugas diselesaikan sebelum batas akhir pengumpulan tugas

H. Daftar Pustaka

Hulse, J.H. 2004. Biotechnologies: past history, present state and future prospects.

Trends in Food Science & Technology. 15: 3-18

Pramasinta Alice, Riska L, Hadiyanto. 2014. Bioteknologi Pangan: Sejarah, Manfaat dan Potensi Risiko. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan.

Nurchahyo H. 2011. Diktat Bioteknologi. Jurusan Pendidikan Biologi. Universitas Negeri Yogyakarta

Yuwono T. 2005. Bioteknologi Pertanian. UGM Press. Yogyakarta

BAB II. CABANG KEILMUAN BIOTEKNOLOGI

A. Pengantar

Berbagai cabang keilmuan bioteknologi terkait dapat penerapan prinsip bioteknologi baik dalam bidang kedokteran, pangan, pertanian, industri dan farmasi menjadi satu kesatuan yang saling mendukung. Pada Bab II ini mahasiswa diharapkan dapat memberikan menjelaskan kaitan ilmu – ilmu lain yang menjadi cabang keilmuan bioteknologi. Peranan keilmuan yang mendukung berkembangnya bioteknologi sangat menjadi dasar yang saling berdukung dalam menghasilkan produk bioteknologi.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam pemahaman hubungan ilmu – ilmu terkait (Biologi, Genetika, Mikrobiologi, Bioinformatika, Biokimia, Kedokteran dan Virologi dalam penerapan prinsip bioteknologi.

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Menjelaskan keterkaitan ilmu lain dengan ilmu bioteknologi
2. Memahami jenis – jenis bioteknologi dari berbagai bidang
3. Menjelaskan manfaat bioteknologi berbagai bidang.

D. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen, diskusi mahasiswa dan presentasi dosen.

E. Materi

A. Pendahuluan

Mikrobiologi

Mikrobiologi diartikan sebagai ilmu yang mempelajari makhluk hidup berukuran mikroskopis (mikrobio) meliputi bakteri, algae, protozoa, fungi, dan virus. Mikrobiologi dapat dipandang sebagai ilmu dasar yang mempelajari biologi dari mikrobia. Dahulu manusia selalu berfikir dari manakah asal mula kehidupan?

Maka akhirnya banyak peneliti yang melakukan berbagai penelitian. Berbagai jenis penelitian dilakukan untuk menjawab pertanyaan tersebut. Hingga pada akhirnya seorang peneliti menemukan makhluk yang tidak kasat mata yang disebut mikroorganisme. Peneliti lain merasa tertarik dengan penemuan tersebut, maka mereka melakukan penelitian tentang bentuk, sifat dan karakteristik makhluk kecil itu.

Penelitian demi penelitian dilakukan oleh para ahli lainnya, hingga mereka menemukan berbagai keuntungan dan kerugian yang ditimbulkan oleh makhluk kecil tersebut. Untuk mengatasi kerugian yang ditimbulkannya peneliti lain melakukan penelitian untuk menemukan pencegahan dan pengobatan dari kerugian tersebut. Seiring dengan berkembangnya zaman dan teknologi, maka mikrobiologi menjadi sebuah cabang ilmu yang membahas berbagai hal kehidupan yang berkaitan dengan mikroba (disiplin mikrobiologi).

Sejarah Perkembangan Mikrobiologi

Mikrobiologi merupakan suatu istilah luas yang berarti studi tentang organisme hidup yang terlalu kecil untuk dapat dilihat dengan mata telanjang. Dalam bahasa Yunani "Mikrobiologi" diartikan mikros yang berarti kecil, bios yang artinya hidup dan logos yang artinya kata atau ilmu. Dalam konteks pembagian ilmu modern, Mikrobiologi mencakup studi tentang bakteri (bakteriologi), jamur (mikologi), dan virus (virologi).

Mikrobiologi adalah suatu kajian tentang mikroorganisme. Mikroorganisme itu sangat kecil, biasanya bersel tunggal, secara individual tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Mikroorganisme hanya dapat dilihat dengan bantuan mikroskop. Walaupun beberapa pengaruh mikroorganisme telah diketahui dan juga telah dimanfaatkan selama ribuan tahun, tetapi baru 300 tahun yang lalu organisme- organisme mikroskopik terlihat dan dipelajari pertama kali.

Antonie Van Leeuwenhoek (1632-1723) ialah orang yang pertama kali mengetahui adanya dunia mikroorganisme itu. Pada tahun 1675 Antonie, membuat mikroskop dengan kualitas lensa yang cukup baik, sehingga dia bisa mengamati mikroorganisme yang terdapat pada air hujan yang menggenang dan air jambangan bunga. Dari air hujan yang menggenang di kubangan-kubangan dan dari air jambangan bunga, ia peroleh beraneka hewan bersel satu dengan menggunakan mikroskop buatan yang diperbesar hingga 300 kali. Ia tertarik

dengan banyaknya benda-benda kecil yang dapat bergerak yang tidak terlihat dengan mata biasa. Ia menyebut benda-benda bergerak tadi dengan 'animalcule' yang menurutnya merupakan hewan-hewan yang sangat kecil. Selain itu ia juga menemukan adanya hewan bersel satu ini kemudian diberi nama Infusoria atau "hewan tuangan".

Penemuan ini membuatnya lebih antusias dalam mengamati benda-benda tadi dengan lebih meningkatkan mikroskopnya. Hal ini dilakukan dengan menumbuk lebih banyak lensa dan memasangnya di lempengan perak. Akhirnya Leewenhoek membuat 250 mikroskop yang mampu memperbesar 200- 300 kali. Leewenhoek mencatat dengan teliti hasil pengamatannya tersebut dan mengirimkannya ke British Royal Society. Salah satu isi suratnya yang pertama pada tanggal 7 September 1674 ia menggambarkan adanya hewan yang sangat kecil yang sekarang dikenal dengan protozoa. Antara tahun 1663-1723 ia menulis lebih dari 300 surat yang melaporkan berbagai hasil pengamatannya. Salah satu diantaranya adalah bentuk batang, coccus maupun spiral yang sekarang dikenal dengan bakteri. Pentingnya penemuan tersebut tidak dihargai pada saat itu terlebih lagi penemuan Leewenhoek tentang animalcules menjadi perdebatan darimana asal animalcules tersebut. Ada dua pendapat yang muncul, satu mengatakan animalcules ada karena proses pembusukan tanaman atau hewan, melalui fermentasi misalnya. Pendapat ini mendukung teori yang mengatakan bahwa makhluk hidup berasal dari benda mati melalui proses abiogenesis. Konsep ini dikenal dengan *generatio spontanea*. Pendapat ini mengatakan bahwa animalcules tadi berasal dari animalcules sebelumnya seperti halnya organisme tingkat tinggi.

A. Taksonomi:

1. Virologi: ilmu yang mempelajari bentuk , susunan dan pengembangan-kelompok jasad yang termasuk virus.
2. Bakteriologi: ilmu yang mempelajari bentuk , susunan dan pembagian-kelompok jasad yang termasuk bakteri.
3. Mikologi: ilmu yang mempelajari bentuk , susunan dan pembagian-kelompok jasad yang termasuk fungi atau jamur.
4. Algologi atau Fikologi: ilmu yang mempelajari bentuk , susunan dan pembagian- kelompok jasad yang termasuk alga atau ganggang.

5. Protozoologi: ilmu yang mempelajari bentuk , susunan dan pembagian-kelompok jasad yang termasuk protozoa atau hewan bersel satu.

B. Habitat:

1. Mikrobiologi Tanah: ilmu yang mempelajari kehidupan dan peranan mikroba di dalam tanah (berguna untuk bidang-bidang pertanian, tambang, geologi dll)
2. Mikrobiologi Udara: ilmu yang mempelajari kehidupan dan peranan mikroba di udara (berguna untuk bidang-bidang kedokteran/ kesehatan, industri, ruang-angkasa dll)
3. Mikrobiologi Air: ilmu yang mempelajari kehidupan dan peranan mikroba di dalam air (berguna untuk bidang-bidang pertanian/ perikanan, kesehatan, industri, pengairan, pengolahan buangan dll)
4. Mikrobiologi "Rumen": ilmu yang mempelajari kehidupan dan peranan Sejumlah mikroba yang hidup dan berkembang di dalam sistem lambung makhluk hidup seperti manusia dan hewan (berguna untuk bidang-bidang kesehatan, peternakan/ perikanan, bahan-makanan dll)

C. Problema

(1) Dasar:

1. Ekologi Mikroba: ilmu yang mempelajari penyebaran dan assosiasi-kehidupan mikroba dengan lingkungannya.
2. Fisiologi Mikroba: ilmu yang mempelajari sifat-sifat faal mikroba.
3. Kimia/ biokimia Mikroba: ilmu yang mempelajari bentuk dan sifat kimia/ biokimia mikroba.
4. Genetika Mikroba: ilmu yang mempelajari sifat-sifat turunan, kebakaan mikroba.

(2) Terapan:

1. Mikrobiologi Kesehatan: ilmu yang mempelajari bentuk, sifat dan peranan mikroba di bidang kesehatan (penyakit, imunisasi dll)
2. Mikrobiologi Sanitasi: ilmu yang mempelajari bentuk, sifat dan peranan mikroba di bidang sanitasi (termasuk bidang kebersihan)
3. Mikrobiologi Makanan: ilmu yang mempelajari bentuk, sifat dan peranan mikroba di dalam bahan-makanan, baik yang mendatangkan keuntungan (misal di dalam proses pembuatan) ataupun yang mendatangkan kerugian (misal di dalam proses pembusukan dan kerusakan)

5. Mikrobiologi Pasca-Panen: ilmu yang mempelajari bentuk, sifat dan peranan mikroba pada masa pasca-panen (pertanian pangan, tanaman industri, tanaman obat dll)
6. Mikrobiologi Industri: ilmu yang mempelajari bentuk, sifat dan peranan mikroba di bidang industri, baik yang menguntungkan (di dalam proses) ataupun yang merugikan (menghambat proses, toksikasi dll)
7. Mikrobiologi Analitik: ilmu yang mempelajari bentuk, sifat dan peranan mikroba yang harus dianalisis kehadirannya di dalam suatu bahan ataupun habitat.
8. Mikrobiologi Geologi dan Pertambangan: ilmu yang mempelajari bentuk, sifat dan peranan mikroba di bidang pertambangan dan geologi.
9. Mikrobiologi Kesenjataan: ilmu yang mempelajari bentuk, sifat dan peranan mikroba di dalam sistem kesenjataan (misal bidang kesenjataan NUBIKA: Nuklir, Biologi dan Kimia).

Ilmu Genetika

Genetika merupakan bidang keilmuan Ilmu ini mempelajari berbagai aspek yang menyangkut pewarisan sifat dan variasi sifat pada organisme maupun suborganisme. Pewarisan sifat tersebut dapat terjadi melalui proses seksual. Genetika berusaha menjelaskan material pembawa informasi untuk diwariskan (bahan genetik), bagaimana informasi tersebut diekspresikan (ekspresi genetik), dan bagaimana informasi tersebut dipindahkan dari satu individu ke individu yang lain (pewarisan genetik)

Ilmu genetika dapat digunakan sebagai :

- Ilmu pengetahuan murni, tetapi harus ditunjang oleh ilmu dasar lainnya seperti kimia, fisika, dan biologi;
- Ilmu pengetahuan terapan, banyak menunjang bidang kegiatan ilmiah dan pelayanan kebutuhan masyarakat seperti : kedokteran hewan dan peternakan, pertanian, psikologi dan antropologi.

Bidang pemakaian ilmu genetika mencakup beberapa bidang, diantaranya :

» Kedokteran

- Untuk mengetahui kelainan atau penyakit keturunan serta usaha untuk menanggulangnya.
- Menjajaki sifat keturunan seseorang (golongan darah) yang perlu untuk penelitian warisan atau kriminalitas.

» Kedokteran hewan dan peternakan :

- Untuk mengetahui kelainan keturunan
- Penjajakan sifat untuk mengetahui asal-usul hewan/ternak;
- Untuk mengetahui turunan/strain unggul.

» Pertanian

- Genetika paling luas penggunaannya dibidang pertanian;
- Ada satu cabang ilmu yaitu ilmu seleksi yaitu ilmu yang mempelajari bagaimana mencari bibit unggul tanaman.

» Psikologi dan antropologi

- Mempelajari masalah psikologi manusia;
- Asal-usul bangsa;
- Hubungan kerabat serta pengaruh sifat genetik seseorang dalam kehidupan sehari-hari ditengah masyarakat;
- Sifat kejiwaan seseorang ditentukan oleh sifat keturunan

Sejarah Perkembangan Genetika

Sudah ada sebelum abad XIX (Pre Mendel) → Bangsa Babilonia 6000 tahun lalu telah menyusun silsilah kuda untuk memperbaiki keturunannya
Gregor Mendel (1822-1884) genetika berkembang menjadi suatu cabang ilmu dalam biologi → “Hukum Mendel” → Dikenal “Bapak Genetika” Mendel berhasil mengamati suatu macam sifat keturunan (Karakter) dari generasi ke generasi kacang ercis, dan berhasil membuat perhitungan matematika tentang sifat genetik karakter tersebut. Namun Karya Mendel yang dipublikasikan pada tahun 1868 di negaranya (Austria) tidak mendapat tanggapan di negaranya. Tahun 1900 karya mendel dibaca kembali dan menjadi bahan referensi para ahli. W.Bateson (1861-1926) membuat percobaan pada ayam untuk membuktikan apakah penemuan Mendel berlaku pada hewan

J.Belling (1930) berjasa mengembangkan sitogenetika → mengamati tingkah laku kromosom dengan mikroskop. T.H. Morgan (1914) menemukan bahwa “Gen” yang menjadi unit terkecil bahan genetika. Pengetahuan genetika lebih maju lagi dengan diketahuinya susunan molekul GEN yang terdiri dari DNA (Deoksiribosa Nucleid Acid) dengan model DNA diperkenalkan oleh J.D. Watson dan F.H.C. Crick (1953) dan disempurnakan oleh M.H.F. Wilkins pada tahun 1961. M.W. Nirenberg (1961) menyusun kode genetik yang menentukan urutan asam

amino dalam sintesis protein → Maka diketahui bahwa gen itu bekerja membentuk suatu karakter melalui sintesa protein dalam sel-sel tubuh.

Perkembangan genetika paling mutakhir adalah Transpormasi Gen → Gen dapat dipindah-pindahkan dari satu individu ke individu lain dengan memeralat virus atau bakteri. Dasar transpormasi ditemukan oleh F.Griffith (1928) pada bakteri *Pneumococcus*, kemudian dikembangkan oleh banyak ahli lainnya

Ilmu Biokimia

Beberapa pengertian Biokimia

Biokimia merupakan ilmu yang mempelajari struktur dan fungsi komponen selular yang meliputi, protein, karbohidrat, lipid, Asam nukleat, enzim dan abiomolekul lainnya, ilmu yang berhubungan dengan berbagai molekul di dalam sel atau organisme hidup sekaligus dengan reaksi kimianya. Biokimia adalah Proses kimiawi yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup; sebagai upaya untuk memahami proses kehidupan dari sisi kimia. Biokimia adalah seluruh reaksi kimia yang terjadi di dalam tubuh mulai dari makanan masuk dalam mulut, terbentuknya energi, senyawa pembangun, komponen sel dan jaringan, senyawa cadangan dst.. Sampai pengolahan dan ekskresi limbah metabolisme.

Kategori molekul dan reaksi di dalam biokimia

Identifikasi bahan kimia dalam reaksi-reaksi di makhluk hidup dimulai pada awal abad ke-19, yaitu Tahun 1828 melalui keberhasilan Friedrich Wöhler mensintesis urea melalui pemanasan terhadap ammonium cyanate. Ini merupakan bukti pertama bahwa bahan kimia yang penting untuk proses-proses biokimia di makhluk hidup dapat disintesis dari senyawa anorganik. Keberhasilan ini diikuti oleh kesuksesan Eduard Buchner pada Tahun 1897 membuktikan peran enzim di dalam ekstrak sel ragi dalam mengkatalisis perubahan glukosa menjadi alkohol dan karbondioksida serta identifikasi asam nukleat sebagai molekul pembawa informasi oleh Oswald Avery, Colin MacLeod, dan Maclyn McCarty pada Tahun 1944 yang dilanjutkan dengan keberhasilan James D. Watson dan Francis H.C. Crick: pada Tahun 1953 membangun model 3-D DNA.

Molekul-molekul yang menjadi objek biokimia dapat digolongkan dalam dua kelas yaitu molekul kecil dan makromolekul. Molekul kecil merupakan molekul yang sama yang banyak dibahas di dalam kimia organik dan pada umumnya memiliki

peran penting dalam metabolisme. Sesuai dengan namanya makromolekul merupakan molekul berukuran besar, yang memiliki berat molekul 10⁴ hingga 10⁹ g mol⁻¹. Molekul ini pada umumnya berperan sebagai bahan baku untuk katabolisme dalam rangka metabolisme lebih lanjut.

Karakteristik utama yang sangat menarik dari struktur makromolekul ini adalah konstruksi modular yang dimilikinya. Konstruksi ini dibangun oleh unit-unit penyusunnya yang satu sama lain dihubungkan oleh ikatan ester atau amida. Perakitan makromolekul dari unit penyusun sederhananya ini merupakan proses yang reversibel.



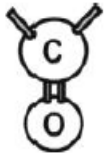
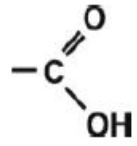
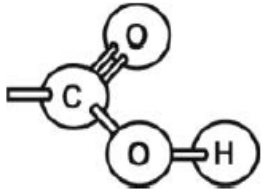
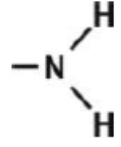
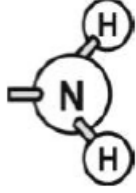
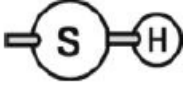
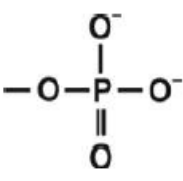
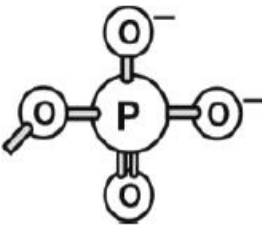
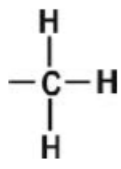
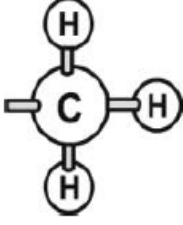
Molekul-molekul kecil yang berperan dalam reaksi-reaksi biokimia terdiri dari gula, asam amino, nukleotida, asam lemak dan asam karboksilat rantai pendek beserta turunannya. Interkonversi molekul-molekul kecil digunakan sebagai sarana penyimpanan atau pelepasan energi yang merupakan basis dari metabolisme. Selain itu beberapa molekul sederhana seperti glukosa dan asam amino berperan sebagai building blocks untuk makromolekul yang dalam hal ini adalah polisakarida dan protein.

Reaksi-reaksi kimia yang terjadi di dalam makhluk hidup tentu saja mengikuti kaidah-kaidah reaksi kimia secara umum. Oleh karena itu, sebelum dilakukan pembahasan reaksi-reaksi metabolisme, dibahas terlebih dahulu prinsip-prinsip reduksi/oksidasi dan peran energi bebas dalam reaksi biokimia. Reaksi-reaksi penting di dalam proses biokimia terdiri dari oksidasi, pemutusan/pembentukan C-C, isomerisasi dan pengaturan kembali, pemindahan gugus, serta kondensasi/hidrolisis. Rangkuman dan contoh reaksi-reaksi tersebut di atas disajikan pada Tabel 1.2 berikut ini

Reaksi-reaksi penting dalam biokimia dan contohnya

Reaksi	Contoh
Oksidasi – Reduksi	<p style="text-align: center;">Oksidasi</p> <p style="text-align: center;">Aldehid Asam karbosilat</p> <p style="text-align: center;">Reduksi</p>
Pemutusan/ Pembentukan C-C	<p style="text-align: center;">Fruktosa 1,6 fosfat</p> <p style="text-align: center;">Gliseraldehid fosfat + Dihidroksiaseton fosfat</p>
Isomerisasi/ Pengaturan kembali	<p style="text-align: center;">Fruktosa 6-fosfat Glukosa 6-fosfat</p>
Pemindahan Gugus	<p style="text-align: center;">Glukosa + ATP Glukosa 6-fosfat + ADP</p>
Kondensasi/ Hidrolisis	<p style="text-align: center;">Asam Karbosilat + Alkohol Ester + H₂O</p>

Tabel 1.3.
Beberapa gugus fungsional penting dalam reaksi biokimia

Gugus	Struktur	Model Ball-stick	Ditemukan di
Hidroksil	-OH		Karbohidrat, Alkohol
Karbonil			Formaldehid
Karboksil			Asam amino, vinegar, asam lemak, dan lain-lain
Amino			Ammonia, Asam Amino, Protein, dan lain-lain
Sulfhidril	-S-H		Protein
Fosfat			Fosfolipid, Asam Nukleat, ATP
Metil			Gas Methan

Ilmu Bioinformatika

Pengertian Bioinformatika

Bioinformatika didefinisikan sebagai cabang komputasi dari biologi molekuler yang merupakan teknologi pengumpulan, penyimpanan, analisa, interpretasi, penyebaran, dan aplikasi dari informasi biologi. Bioinformatika menggunakan program komputer maupun website untuk analisa data biologi dan penyimpanan sejumlah data biologiyang dihasilkan oleh proyek genom. Bioinformatika banyak berhubungan dengan sekuen nukleotida termasuk desain primer, struktur, fungsi, perbandingan seluruh genom dan gen, struktur tiga dimensi protein, dan manajemen data Melalui bioinformatik kita juga dapat melakukan berbagai desain eksperimen untuk mengetahui penyakit manusia dan pembuatan peta genom.

Sebelum era bioinformatika, terdapat hanya dua cara untuk melakukan percobaan biologi yaitu percobaan dalam organisme hidup (in vivo) atau pada lingkungan buatan (in vitro). Melalui bidang ilmu bioinformatika, kita dapat melakukan percobaan biologi secara in silico. Kata silico berasal dari kata lempengan (chip) silikon yang membentuk mikroprocessor komputer. Bioinformatika menjadi salah satu pilihan utama di masa mendatang sebab merupakan titik penting yang paling berkembang sekarang ini di bidang biologi seperti menguraikan genom manusia, teknik pengesahan di bidang biologi dan forensik berdasarkan informasi DNA, serta pengobatan

Saat ini bioinformatika sangat mudah dilakukan karena sudah bisa diakses melalui system jaringan World Wide Web secara gratis di internet. Beberapa website yang penting antara lain adalah <http://www.ebi.ac.uk> dari European Bioinformatics Institute (EBI), <http://www.ncbi.nlm.nih.gov> dari National Center for Biotechnology Information (NCBI), serta <http://www.ddbj.nig.ac.jp> dari DNA Data Bank of Japan (DDBJ). Ketiga website tersebut saling berintegrasi dalam menggabungkan, memaparkan, maupun memperbaiki informasi tentang sekuen DNA atau protein dari suatu organism. Secara garis besar, orang menggunakan bioinformatika untuk menganalisa sekuen DNA melalui

Beberapa tahapan, antara lain yaitu:

- 1) Mencari sekuen DNA yang diinginkan secara tepat.
- 2) Membandingkan sekuen yang di dapat dengan yang tersedia menggunakan BLAST
- 3) Melakukan analisis sekuen DNA dengan ClustalW.

4) Membangun pohon filogenetik.

Pada website NCBI dapat di akses program BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*) yang merupakan program untuk menganalisa kesamaan yang didisain dalam mengeksplorasi semua database sekuen yang diminta, baik berupa DNA maupun protein. Program ini juga dapat digunakan untuk mendeteksi hubungan antara sekuen yang hanya berbagi daerah tertentu yang memiliki kesamaan/daerah conserve dengan ClustalW. Selain website NCBI, software BIOEDIT juga bisa digunakan untuk melihat daerah conserve dengan ClustalW (<http://www.mbio.ncsu.edu/bioedit/page2.html>).

III. Evaluasi Belajar

a. Rangkuman

Dalam pengembangan ilmu bioteknologi sebagai cabang biologi yang mempelajari penggunaan organisme dengan bantuan teknologi untuk menyediakan barang dan jasa bagi kepentingan kehidupan manusia. Ada beberapa ilmu – ilmu dasar yang mendukung berkembangannya keilmuan bioteknologi diantaranya adalah ilmu Mikrobiologi, Genetika, Biokimia, Biologi sel, Bioinformatika dan beberapa ilmu terapan lainnya seperti kedokteran, pangan dan bioenergi.

b. Latihan

1. Jelaskan Pengertian cabang ilmu – ilmu dasar yang mendukung perkembangan ilmu bioteknologi
2. Jelaskan keilmuan yang menjadi hasil pengembangan ilmu bioteknologi

F. Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Tugas diselesaikan sebelum batas akhir pengumpulan tugas

G. Daftar Pustaka

- Nurchahyo H. 2011. Diktat Bioteknologi. Jurusan Pendidikan Biologi. Universitas Negeri Yogyakarta
- Yuwono T. 2005. Bioteknologi Pertanian. UGM Press. Yogyakarta

BAB III. PEMANFAATAN BIOTEKNOLOGI BAGI KEHIDUPAN

A. Pengantar

Materi ini menggambarkan bagaimana peran bioteknologi dalam kehidupan. Berbagai sektor bidang, pengembangan bioteknologi semakin jelas, hal ini dibuktikan dengan produk yang dihasilkan. Penerapan prinsip bioteknologi terangkup dalam berbagai sektor bidang diantaranya, bidang pertanian, peternakan, perikanan, lingkungan, pangan, dan kedokteran.

B. Kompetensi Dasar

Mahasiswa memiliki kemampuan dalam menjelaskan manfaat bioteknologi dalam berbagai sektor bidang yang menunjang kehidupan dan kehidupan alam semesta diantaranya pertanian, peternakan, perikanan, lingkungan, pangan, dan kedokteran.

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. mempresentasikan perkembangan bioteknologi di bidang pertanian,
2. Menjelaskan penerapan prinsip bioteknologi dalam bidang lingkungan
3. Menjelaskan penerapan bioteknologi dalam bidang pangan dan kedokteran

D. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen dan diskusi serta membahas jurnal terkait materi yang di pelajari

E. Materi

A. Pendahuluan

Kemajuan dan perkembangan bioteknologi tidak dapat terlepas dari kemajuan dan dukungan ilmu-ilmu dasar seperti: mikrobiologi, biokimia, biologi molekuler, dan genetika. Kompetensi menguasai bioteknologi tersebut dapat tercapai manakala pembinaan sumber daya manusia diorientasikan pada kompetensi meneliti dan menerapkan metodemetode mutakhir bioteknologi. Kemampuan menguasai dan

mengaplikasikan metode-metode mutakhir bioteknologi (current methods of biotechnology) seperti: kultur jaringan, rekayasa genetik, hibridoma, kloning, dan polymerase chains reaction (PCR) secara prospektif telah mampu menghasilkan produk-produk penemuan baru.

Produk-Produk yang Dihasilkan dari Pemanfaatan Aplikasi Bioteknologi

1. Aplikasi pada bidang pertanian:

Aplikasi bioteknologi untuk pertanian menawarkan berbagai keuntungan. Perbaikan sifat tanaman dapat dilakukan dengan teknik modifikasi genetik dengan bioteknologi melalui rekayasa genetika. Aplikasi bioteknologi dalam bidang pertanian melalui teknologi perbaikan sifat tanaman dengan teknik rekayasa genetika.

Keuntungan bioteknologi pertanian antara lain:

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

- Kualitas makanan dan gizi yang lebih baik, dan perbaikan defisiensi mikronutrien Sehingga akan:
 - ✓ Meningkatkan produksi pangan misalnya dengan menciptakan kultivar unggul seperti tanaman padi dan tanaman semusim sehingga dapat memenuhi kebutuhan pangan masyarakat.
 - ✓ Meningkatkan produksi dan kualitas melalui transgenic antara lain kapas, jagung, dll.
 - ✓ Mempercepat swasembada jagung dengan jagung yang dihasilkan mempunyai kualitas yang lebih baik dan kebal terhadap hama

2. Aplikasi pada bidang peternakan:

Aplikasi bioteknologi dalam bidang peternakan menawarkan berbagai keuntungan antara lain:

- Meningkatkan produksi peternakan
- Meningkatkan efisiensi dan kualitas pakan seperti manipulasi mikroba rumen
- Menghasilkan embrio yang banyak dalam satu kali siklus reproduksi
- Ternak yang dapat memproduksi asam amino tertentu
- Menciptakan jenis ternak unggul

3. Aplikasi pada bidang perikanan:

Aplikasi bioteknologi dalam bidang perikanan menawarkan berbagai keuntungan antara lain:

- a. Menyediakan benih dan induk ikan
- b. Meningkatkan system kekebalan ikan dengan menggunakan vaksin, imunostimulan, probiotik dan bioremediasi. Aplikasi probiotik pada pakan atau dalam lingkungan perairan budidaya sebagai penyeimbang mikroba dalam pencernaan dan lingkungan perairan.

4. Aplikasi pada bidang kesehatan dan pengobatan:

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

1. Memproduksi obat-obatan terhadap penyakit infeksi (antibiotik) seperti; penisilin, streptomysin.
2. Memproduksi vaksin untuk pencegahan jenis penyakit tertentu sesuai dengan jenis vaksinnya seperti; polio, cacar, hepatitis-B, TBC dsb. Selain pada

manusia, vaksin juga digunakan untuk melindungi ternak (ayam, sapi dsb) dari serangan berbagai penyakit menular.

3. Memproduksi zat kebal antibody untuk diagnosis penyakit, penelitian dan terapi. Antibodi monoclonal.
4. Untuk terapi gen misalnya untuk terapi penyakit genetik (bawaan).
5. Untuk memproduksi hormon; Insulin untuk terapi penderita kencing manis.
6. Untuk terapi gen; Sel somatis (somatic gene therapy); sel darah atau otot, terapi penyakit genetik (bawaan). Sel embrional (Germ line gene therapy)

5. Aplikasi pada bidang lingkungan

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

- Molase, sebagai produk sampingan (limbah) industri gula masih mengandung kadar gula 50 %. Molase digunakan secara luas sebagai bahan baku fermentasi dan untuk produksi antibiotik, asam organik, dan khamir untuk pembuatan roti, bumbu masak (MSG) atau diberikan langsung untuk makanan ternak.
- Whey sebagai produk sampingan (limbah) industri keju digunakan sebagai substrat fermentasi.
- Batang padi (damen) untuk produksi jamur merang.
- Bagase (ampas tebu) banyak mengandung ligno selulose. Peran biotek dalam pemanfaatan bahan sampah organik:
 - Mengubah kualitas makanan limbah agar sesuai untuk konsumsi manusia.
 - Memberi makan bahan sampah secara langsung atau setelah pemrosesan ke unggas, babi, ikan, atau ternak lainnya yang dapat mencerna secara langsung.
 - Limbah yang banyak mengandung selulose diberikan pada sapi atau ruminansia.

- Produksi biogas methane dan poduk fermentasi lain jika tidak dapat diberikan ternak

F. Evaluasi Belajar

a. Rangkuman

Perkembangan ilmu bioteknologi didasarkan atas pemanfaatannya dalam berbagai sektor bidang, terutama dalam bidang pertanian, peternakan, kelautan dan perikanan dan lingkungan. Aplikasi bioteknologi dalam bidang pertanian melalui teknologi perbaikan sifat tanaman dengan teknik rekayasa genetika, Aplikasi bioteknologi dalam bidang peternakan lebih dalam menghasilkan bibit unggul dan meningkatkan produksi ternak dan susu, aplikasi dalam bidang perikanan dan kelautan lebih menekankan pada menghasilkan bibit unggul dan mengeksplor senyawa bioaktif dari laut, sedangkan dalam bidang kesehatan menghasilkan obat-obatan, teknik penyembuhan dan terapi medis. Bidang lingkungan pemanfaatan bioteknologi dalam pengolahan limbah.

G. Latihan.

1. Jelaskan manfaat ilmu bioteknologi dalam berbagai berbagai bidang
2. Sebutkan pemanfaatan bioteknologi dalam bidang kesehatan
3. Jelaskan Produk yang dihasilkan dari Bioteknologi pangan Modern

H. Daftar Pustaka

Primrose, S.B. (1987). *Modern Biotechnology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Nurchayo H. 2011. *Diktat Bioteknologi*. Jurusan Pendidikan Biologi. Universitas Negeri Yogyakarta

Yuwono T. 2005. *Bioteknologi Pertanian*. UGM Press. Yogyakarta

BAB IV. PERKEMBANGAN BIOTEKNOLOGI DALAM BIDANG KEDOKTERAN

A. Pengantar

Dalam kehidupan kita sehari-hari, secara langsung maupun tidak langsung, sebagian dari kita pernah berhubungan dengan hasil penerapan Bioteknologi bidang Kesehatan. Salah satu contohnya adalah insulin yang telah digunakan untuk mengobati penyakit diabetes. Penyakit diabetes pada manusia diobati dengan insulin manusia. Bagaimanakah kita dapat memperoleh insulin manusia ini? Apakah untuk mengobati orang yang sakit diabetes ini kita harus mengorbankan orang yang sehat untuk diekstrak insulinnya? Tentu saja tidak. Saat ini insulin manusia telah berhasil diproduksi secara massal dengan menggunakan bakteri. Kemampuan bakteri untuk memproduksi insulin manusia ini adalah karena telah berhasil memasukkan dan mengintegrasikan gen yang menyandikan insulin manusia ke dalam genom bakteri. Kemajuan dunia kedokteran saat ini tidak terlepas dari peran Bioteknologi. Sebagai bukti dengan ditemukannya vaksin, antibiotik, interferon, antibodimonoklonal, dan pengobatan melalui terapi gen dan lain sebagainya.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam pemahaman tentang penerapan bioteknologi dalam bidang kesehatan serta dapat menjelaskan produk – produk yang dihasilkan yang digunakan dalam dunia kedokteran

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Menjelaskan penerapan prinsip bioteknologi dalam bidang kesehatan
2. Menjelaskan produk yang dihasilkan dari penerapan bioteknologi dalam bidang kedokteran
3. Mampu mempresentasikan perkembangan bioteknologi dalam bidang kedokteran

D. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen, diskusi serta membahas jurnal yang berkaitan dengan penelitian bioteknologi dalam bidang kesehatan.

E. Materi

A. Sejarah Perkembangan Bioteknologi Kedokteran

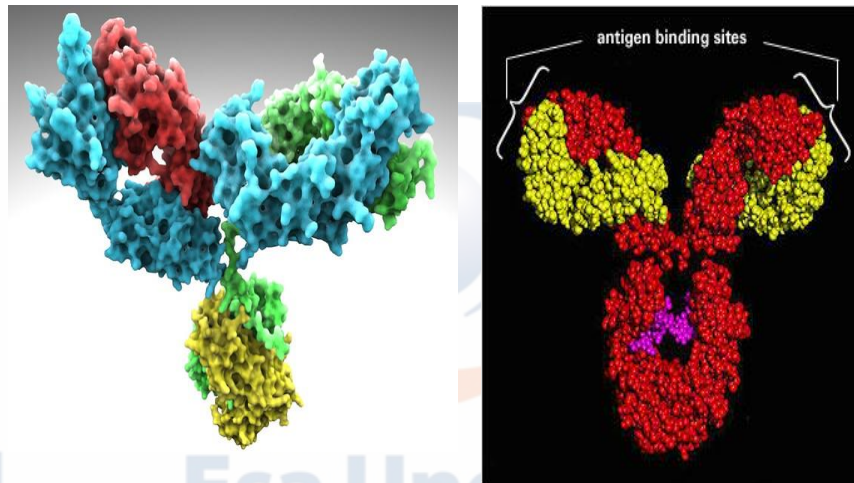
Produk bioteknologi dibidang kedokteran Bioteknologi dalam bidang kesehatan adalah dihasilkannya senyawa antibiotic yang dapat menghambat bakteri pathogen. Antibiotik pertama kali ditemukan oleh Sir Alexander Fleming pada tahun 1928 Antibiotik tersebut dihasilkan oleh Kapang *panicillium notatum* sehingga disebut penisilin Beberapa tahun kemudian ditemukan strain lain yaitu *P. chrysogenum*, yang memiliki kemampuan produksi lebih baik. Sebagian besar antibiotik dihasilkan oleh kapang tertentu atau bakteri dari kelompok Actinomycetes yang umumnya terdapat di tanah. Produksi masal antibiotik pertama kali dimulai pada tahun 1940 an. Pada awalnya, antibiotic diproduksi secara alami, tetapi sekarang telah dimodifikasi secara kimia sehingga merupakan proses semi sintesis Dan diproduksi dengan teknik DNA rekombinan.

Mikroorganisme yang direkayasa genetiknya dapat memberikan harapan baru untuk melawan kanker *Salmonella typhimurium*, yaitu suatu bakteri yang biasanya menyebabkan keracunan pangan, dapat digunakan untuk melawan tumor dan kanker secara sistematis. Bakteri tersebut direkayasa secara genetik agar dapat membunuh sel-sel kanker, tetapi tidak merusak atau menjadipathogen pada jaringan tubuh manusia

Kemajuan dunia kedokteran saat ini tidak terlepas dari peran Bioteknologi. Sebagai bukti dengan ditemukannya vaksin, antibiotik, interferon, antibodimonoklonal, dan pengobatan melalui terapi gen dan lain sebagainya, berikut ulasannya

1. ANTIBODY MONOKLONAL

Antibodi monoklonal adalah antibodi monospesifik yang dapat mengikat satu epitop saja. Antibodi dikenal juga sebagai imunoglobulin, protein besar berbentuk Y yang digunakan oleh sistem kekebalan tubuh untuk mengidentifikasi dan menetralsir zat asing seperti virus, bakteri, fungus, dll yang dapat menimbulkan penyakit. Antigen adalah zat yang menstimulasi respon imun jika diinjeksikan kedalam tubuh secara spesifik (Gambar 1)



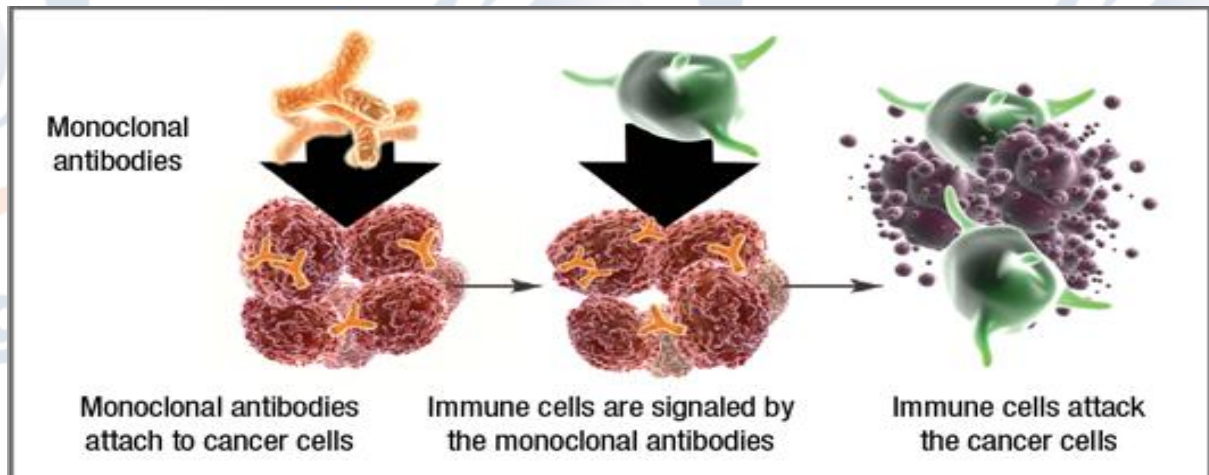
Gambar 1. Protein Y antibodi monoklonal

Antibodi monoklonal ini dapat dihasilkan dengan teknik hibridoma. Sel hibridoma merupakan fusi sel dan sel. Pembuatan sel hibridoma terdiri dari tiga tahap utama yaitu imunisasi, fusi, dan kloning. Imunisasi dapat dilakukan dengan imunisasi konvensional, imunisasi sekali suntik intralimpa, maupun imunisasi in vitro. Fusi sel ini menghasilkan sel hibrid yang mampu menghasilkan antibodi seperti pada sel limpa dan dapat terus menerus dibiakan seperti sel myeloma. Frekuensi terjadinya fusi sel ini relatif rendah sehingga sel induk yang tidak mengalami fusi dihilangkan agar sel hasil fusi dapat tumbuh. Frekuensi fusi sel dapat diperbanyak dengan menggunakan Polietilen glikol (PEG), DMSO, dan penggunaan medan listrik. PEG berfungsi untuk membuka membran sel sehingga mempermudah proses fusi. Sel hibrid kemudian ditumbuhkan pada media pertumbuhan. Penambahan berbagai macam sistem pemberi makan dapat meningkatkan pertumbuhan sel hibridoma.

Cara Kerja antibodi Monoklonal

Tidak seperti kemoterapi dan radioterapi, yang bekerja secara kurang spesifik, tujuan pengobatan antibodi monoklonal adalah untuk menghancurkan sel-sel limfoma non Hodgkin secara khusus dan tidak mengganggu jenis-jenis sel lainnya. Semua sel memiliki penanda protein pada permukaannya, yang dikenal sebagai antigen. Antibodi monoklonal dirancang di laboratorium untuk secara spesifik mengenali penanda protein tertentu di permukaan sel kanker. Antibodi monoklonal kemudian berikatan dengan protein ini. Hal ini memicu sel untuk menghancurkan diri sendiri atau memberi tanda pada siinduk kekebalan tubuh untuk menyerang dan membunuh sel kanker (Gambar 2). Sebagai contoh, rituximab, antibodi monoklonal yang dipakai dalam pengobatan limfoma non Hodgkin,

mengenali penanda protein CD20. CD20 ditemukan di permukaan Sel B abnormal yang ditemukan pada jenis-jenis limfoma non Hodgkin yang paling umum



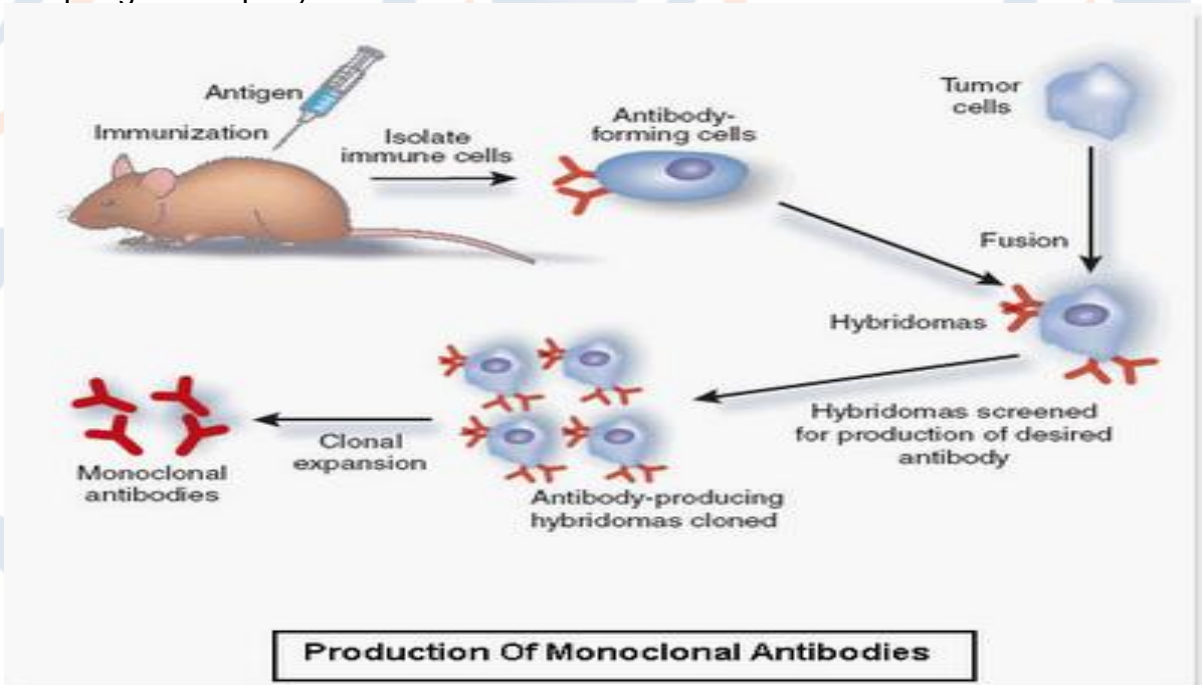
Gambar 2. Cara kerja Antibodi monoklonal

Proses Pembuatan ANTIBODI MONOKLONAL

Teknologi antibodi monoklonal yaitu teknologi 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. Beberapa dari sel tersebut dapat membedakan dari sel tubuh sendiri (self) dan sel-sel asing (non self). Salah satu dari sel tersebut adalah sel limfosit B yang mampu menanggapi masuknya substansi asing dengan spesivitas yang luar biasa (Gambar 3), berikut langkah - langkahnya

- Antigen yang spesifik disuntikkan ke dalam limpa tikus secara invitro menghasilkan sel-sel β limfosit.
- Dengan teknik fusi sel-sel β limfosit digabungkan dengan dengan sel-sel tumor (sel myeloma) menghasilkan sel hibridoma.
- Fusi sel dapat diperbanyak dengan menggunakan polietilen glikol (PEG), senyawa kimia yang berfungsi untuk membuka membran sel sehingga mempermudah proses Fusi
- Sel hibridoma ditanam pada medium selektif, sehingga berkembang biak. Setelah 10-30 hari sel hibridoma dipisahkan dari campuran dan dibiakkan dalam tabung fermentasi
- Antibodi monoklonal yang dihasilkan harus dipisahkan dan dimurnikan.

- Antibodi monoklonal yang spesifik digabungkan dengan perangkat kit untuk tujuan diagnostik, contohnya menyalurkan obat-obatan ke bagian yang sakit, untuk mendeteksi penyakit secara cepat, untuk mendeteksi kehamilan dan pengobatan penyakit kanker



Gambar 3. Proses produksi antibodi monoklonal

2. ANTIBIOTIKA

Pengertian Antibiotik

Antibiotika adalah golongan senyawa, baik alami maupun sintetik, yang mempunyai efek menekan atau menghentikan suatu proses biokimia di dalam organisme, khususnya dalam proses infeksi oleh bakteri. Penggunaan antibiotika khususnya berkaitan dengan pengobatan penyakit infeksi, meskipun dalam bioteknologi dan rekayasa genetika juga digunakan sebagai alat seleksi terhadap mutan atau transforman. Antibiotika bekerja seperti pestisida dengan menekan atau memutus satu mata rantai metabolisme, hanya saja targetnya adalah bakteri. Antibiotika berbeda dengan desinfektan karena cara kerjanya. Desinfektan membunuh kuman dengan menciptakan lingkungan yang tidak wajar bagi kuman untuk hidup. Tidak seperti perawatan infeksi sebelumnya, yang menggunakan racun seperti strychnine, antibiotika dijuluki “peluru ajaib”: obat yang membidik penyakit tanpa melukai tuannya.

Antibiotik tidak efektif menangani infeksi akibat virus, jamur, atau nonbakteri lainnya, dan Setiap antibiotik sangat beragam keefektifannya dalam melawan

berbagai jenis bakteri. Ada antibiotika yang membidik bakteri gram negatif atau gram positif, ada pula yang spektrumnya lebih luas. Keefektifannya juga bergantung pada lokasi infeksi dan kemampuan antibiotik mencapai lokasi tersebut. Antibiotika oral (yang dimakan) mudah digunakan bila efektif, dan antibiotika intravena (melalui infus) digunakan untuk kasus yang lebih serius. Antibiotika kadangkala dapat digunakan setempat, seperti tetes mata dan salep.

Sejarah singkat penemuan antibiotika modern

Penemuan antibiotika terjadi secara 'tidak sengaja' ketika Alexander Fleming, pada tahun 1928, lupa membersihkan sediaan bakteri pada cawan petri dan meninggalkannya di rak cuci sepanjang akhir pekan. Pada hari Senin, ketika cawan petri tersebut akan dibersihkan, ia melihat sebagian kapang telah tumbuh di media dan bagian di sekitar kapang 'bersih' dari bakteri yang sebelumnya memenuhi media. Karena tertarik dengan kenyataan ini, ia melakukan penelitian lebih lanjut terhadap kapang tersebut, yang ternyata adalah *Penicillium chrysogenum syn. P. notatum* (kapang berwarna biru muda ini mudah ditemukan pada roti yang dibiarkan lembab beberapa hari). Ia lalu mendapat hasil positif dalam pengujian pengaruh ekstrak kapang itu terhadap bakteri koleksinya. Dari ekstrak itu ia diakui menemukan antibiotik alami pertama: penicillin G.

Penemuan efek antibakteri dari *Penicillium* sebelumnya sudah diketahui oleh peneliti-peneliti dari Institut Pasteur di Perancis pada akhir abad ke-19 namun hasilnya tidak diakui oleh lembaganya sendiri dan tidak dipublikasi.

Macam-macam antibiotika

Antibiotika dapat digolongkan berdasarkan sasaran kerja senyawa tersebut dan susunan kimiawinya. Ada enam kelompok antibiotika[1] dilihat dari target atau sasaran kerjanya (nama contoh diberikan menurut ejaan Inggris karena belum semua nama diindonesiakan atau diragukan pengindonesiaannya):

- Inhibitor sintesis dinding sel bakteri, mencakup golongan Penicillin, Polypeptide dan Cephalosporin, misalnya ampicillin, penicillin G.
- Inhibitor transkripsi dan replikasi, mencakup golongan Quinolone, misalnya rifampicin, actinomycin D, nalidixic acid.
- Inhibitor sintesis protein, mencakup banyak jenis antibiotik, terutama dari golongan Macrolide, Aminoglycoside, dan Tetracycline, misalnya gentamycin, chloramphenicol, kanamycin, streptomycin, tetracycline, oxytetracycline.

- Inhibitor fungsi membran sel, misalnya ionomycin, valinomycin.
- Inhibitor fungsi sel lainnya, seperti golongan sulfa atau sulfonamida, misalnya oligomycin, tunicamycin; dan Antimetabolit, misalnya azaserine

Tabel 1. Beberapa bakteri penghasil antibiotik

No.	Nama Bakteri	Hasil Antibiotik
1.	<i>Streptomyces griseus</i>	streptomisin
2.	<i>Streptomyces rimosus</i>	teramisin
3.	<i>Streptomyces venezuelae</i>	chloracimphenicol/kloromisin
4.	<i>Streptomyces aureofaciens</i>	aureomisin
5.	<i>Bacillus polymixa</i>	polimiksin
6.	<i>Bacillus subtilis</i>	basitrasin
7.	<i>Bacillus brevis terotrisin.</i>	terotrisin

Mekanisme, cara kerja dan klasifikasinya

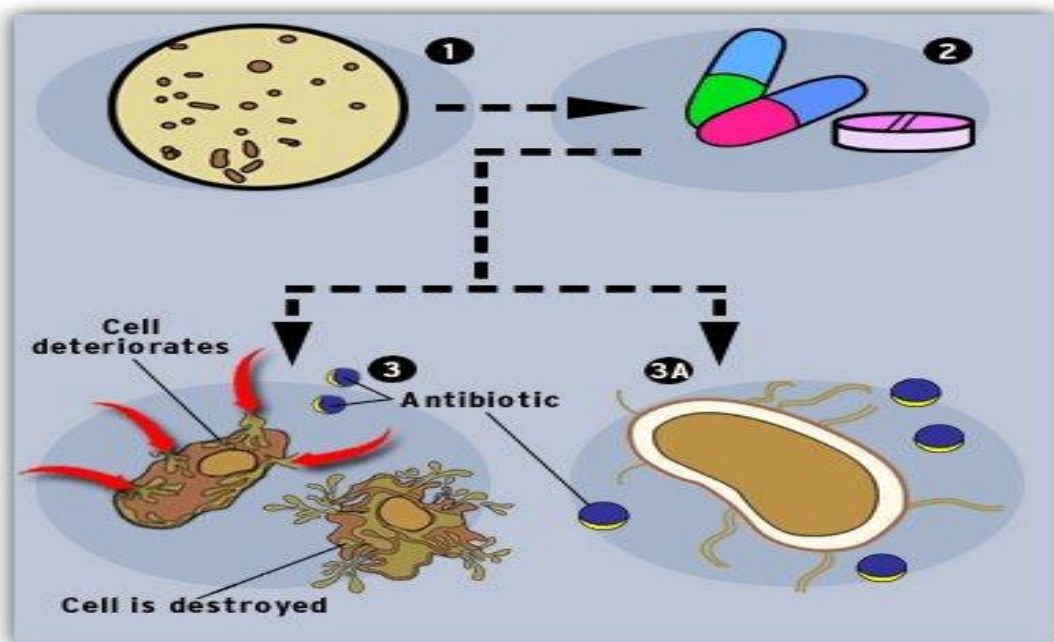
Kemampuan suatu terapi antimikrobia sangat bergantung kepada obat, pejamu, dan agen penginfeksi. Namun dalam keadaan klinik hal ini sangat sulit untuk diprediksi mengingat kompleksnya interaksi yang terjadi di antara ketiganya. Namun pemilihan obat yang sesuai dengan dosis yang sepadan sangat berperan dalam menentukan keberhasilan terapi dan menghindari timbulnya resistansi agen penginfeksi.

Antibiotik adalah golongan senyawa, baik alami maupun sintetik, yang mempunyai efek menekan atau menghentikan suatu proses biokimia di dalam organisme, khususnya dalam proses infeksi oleh bakteri. Literatur lain mendefinisikan antibiotik sebagai substansi yang bahkan di dalam konsentrasi rendah dapat menghambat pertumbuhan dan reproduksi bakteri dan fungi. Berdasarkan sifatnya (daya hancurnya) antibiotik dibagi menjadi dua.

- 1) Antibiotik yang bersifat bakterisidal, yaitu antibiotik yang bersifat destruktif terhadap bakteri.
- 2) Antibiotik yang bersifat bakteriostatik, yaitu antibiotik yang bekerja menghambat pertumbuhan atau multiplikasi bakteri

MEKANISME KERJA ANTIBIOTIK

- Menghambat dinding sel bakteri contoh nya: Beta-laktam, Penicillin, Polypeptida, Cephalosporin, Ampicillin , Oxasilin
- Menghambat Transkripsi dan Replikasi ex: Quinolone, Rifampicin, Actinomycin D, Nalidixic acid, Lincosamides, Metronidazole
- Menghambat sintesis protein ex: Macrolide, Aminoglycoside, Tetracycline, Chloramphenicol, Kanamycin, Oxytetracycline
- Menghambat fungsi membran sel ex: Ionimycin dan Valinomycin
- Menghambat bersifat antimetabolit exs: Sulfa atau Sulfonamide, Trimetophrim, Azaserine



Gambar 4. Proses Kerja Antibiotik

3.TERAPI GEN

Pengertian Terapi Gen

Terapi gen adalah suatu teknik terapi yang digunakan untuk memperbaiki gen-gen mutan (abnormal/cacat) yang bertanggung jawab terhadap terjadinya suatu penyakit. Pada awalnya, terapi gen diciptakan untuk mengobati penyakit keturunan (genetik) yang terjadi karena mutasi pada satu gen, seperti penyakit fibrosis sistik. Penggunaan terapi gen pada penyakit tersebut dilakukan dengan memasukkan gen normal yang spesifik ke dalam sel yang memiliki gen mutan. Terapi gen kemudian berkembang untuk mengobati penyakit yang terjadi karena mutasi di banyak gen, seperti kanker. Selain memasukkan gen normal ke dalam sel mutan, mekanisme

terapi gen lain yang dapat digunakan adalah melakukan rekombinasi homolog untuk melenyapkan gen abnormal dengan gen normal, mencegah ekspresi gen abnormal melalui teknik peredaman gen, dan melakukan mutasi balik selektif sehingga gen abnormal dapat berfungsi normal kembali.

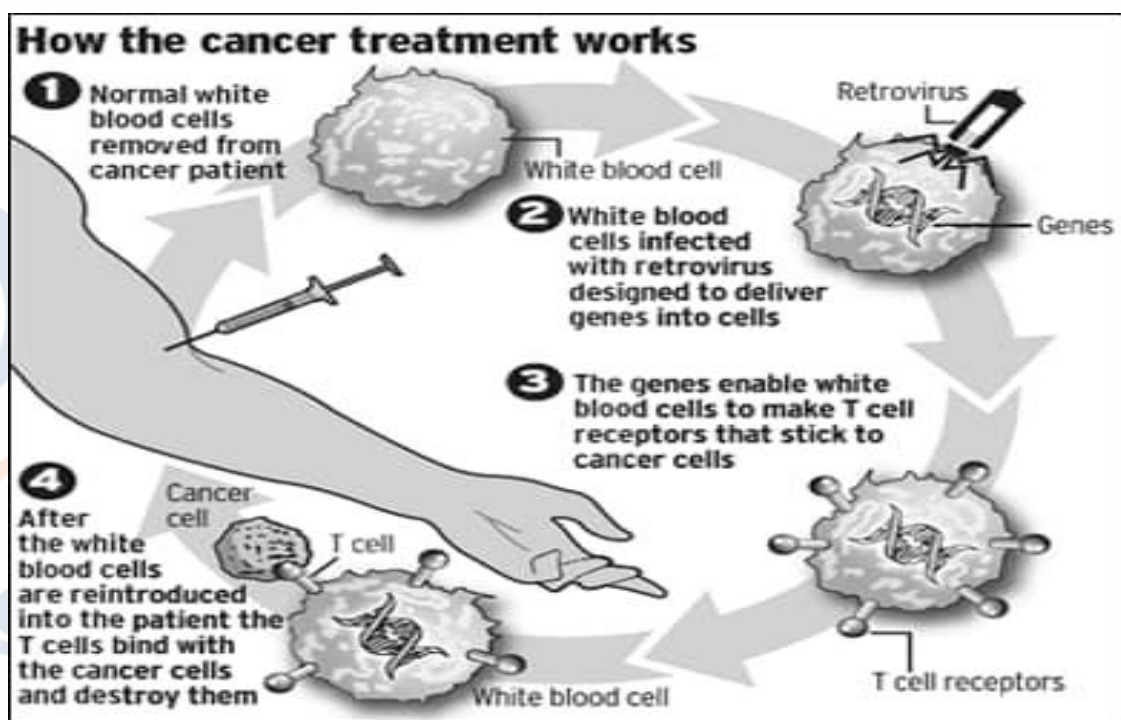
Cara Kerja Terapi Gen

Saat ini para ilmuwan sedang mencoba beberapa cara kerja terapi gen untuk pengobatan kanker:

1. Menambahkan gen sehat pada sel yang memiliki gen cacat atau tidak lengkap. Contohnya, sel sehat memiliki “gen penekan tumor” seperti p53 yang mencegah terjadinya kanker. Setelah diteliti, ternyata pada kebanyakan sel kanker gen p53 rusak atau bahkan tidak ada. Dengan memasukkan gen p53 yang normal ke dalam sel kanker, diharapkan sel tersebut akan normal dan sehat kembali.
2. Menghentikan aktivitas “gen kanker” (*oncogenes*). “Gen kanker” merupakan hasil mutasi dari sel normal, yang menyebabkan sel tersebut membelah secara liar menjadi kanker. Ada juga gen yang menyebabkan sel kanker bermetastase (menjalar) ke bagian tubuh lain. Menghentikan aktivitas gen ini atau protein yang dibentuknya, dapat mencegah kanker membesar maupun menyebar.
3. Menambahkan gen tertentu pada sel kanker sehingga lebih peka terhadap kemoterapi maupun radiasi, atau menghalangi kerja gen yang dapat membuat sel kanker kebal terhadap obat-obat kemoterapi. Juga dicoba cara lain, membuat sel sehat lebih kebal terhadap kemoterapi dosis tinggi, sehingga tidak menimbulkan efek samping.
4. Menambahkan gen tertentu sehingga sel-sel tumor/kanker lebih mudah dikenali dan dihancurkan oleh sistem kekebalan tubuh. Atau sebaliknya, menambahkan gen pada sel-sel kekebalan tubuh sehingga lebih mudah mendeteksi dan menghancurkan sel-sel kanker.
5. Menghentikan gen yang berperan dalam pembentukan jaringan pembuluh darah baru (*angiogenesis*) atau menambahkan gen yang bisa mencegah angiogenesis. Jika suplai darah dan makanannya terhenti, kanker akan berhenti tumbuh, atau bahkan mengecil lalu mati.
6. Memberikan gen yang mengaktifkan protein toksik tertentu pada sel kanker, sehingga sel tersebut melakukan aksi “bunuh diri” (*apoptosis*)

Beberapa cara memasukkan gen yang dibutuhkan ke dalam tubuh :

1. Menggunakan virus sebagai vektor dan mentransfernya ke dalam genom sasaran
2. Menyuntikkan gen atau DNA menggunakan jarum mikro ke dalam nukleus atau pronukleus sasaran sel
3. Mencampurkan gen atau DNA ke dalam kultur sel dan dibiarkan masuk ke dalam inti sel sehingga diperlukan gen dalam jumlah banyak dan dibantu oleh kejutan listrik (electrophoration)



Gambar 5. Mekanisme kerja Terapi Gen

4. VAKSIN

Pengertian Vaksin

Vaksin adalah sediaan yang mengandung zat antigenik yang mampu menimbulkan kekebalan aktif dan khas pada manusia. Produk biologis yang mengandung mikroorganisma/toksoid yg diubah sedemikian rupa sehingga patogenisitas atau toksisitasnya hilang tapi apabila diberikan masih tetap mempunyai sifat antigenisitas. Vaksin secara potensial dapat mencegah dan mengobati penyakit manusia.

Kemajuan baru di bidang vaksin seperti conjugated *pneumococcal vaccines* untuk orang dewasa, nasal spray vaccines influenza, dan *acellular pertussis vaccines*

untuk orang dewasa, merupakan cara yang efisien untuk menghasilkan proteksi imun yang bertahan lama. Penelitian sedang dilakukan pada vaksin yang banyak digunakan untuk penyakit di negara berkembang seperti malaria, hookworm, dengue, enterotoxigenic *E. coli*, shigella, tuberkulosis. Vaksin terhadap penyakit non infeksi (seperti kanker, diabetes, dan penyakit Alzheimer) dan ketergantungan nikotin dan kokain masih merupakan pengobatan alternatif. Vaksin terhadap senjata biologi akan dimungkinkan dengan kemajuan pada vaksin DNA.

Satu pendekatan yang sangat diminati ialah merangsang respon imun protektif yang dikehendaki dengan cara menyuntikkan DNA yang direkayasa dari organisme infeksius (*engineered DNA sequences*). Jika antigen dapat diidentifikasi, rangkaian DNA yang disandi untuk antigen protein sangat mungkin untuk disisipkan ke dalam pembawa/carrier genom (seperti beberapa poxvirus atau alphavirus). Bila diberikan ke dalam host, organisme ini (karena disisipi DNA) mengalami replikasi terbatas, protein yang dikehendaki diproduksi, dan di dalam host berkembang respon imun terhadap protein tersebut. Dengan strategi yang sama, naked DNA disuntik langsung ke dalam host untuk memproduksi respon imun. Naked DNA adalah rangkaian sederhana (*simple sequences*) dari DNA yang disisipkan ke dalam plasmid bakteri (*extra-chromosomal rings of DNA*) dan disuntikkan kedalam host (Isbagio, 2005)

Pengelompokan Vaksin

- Vaksin Bakteri

dibuat dari biakan galur bakteri yang sesuai dalam media cair atau padat yang sesuai dan mengandung bakteri hidup atau inaktif atau komponen imunogeniknya

- Toksoid Bakteri

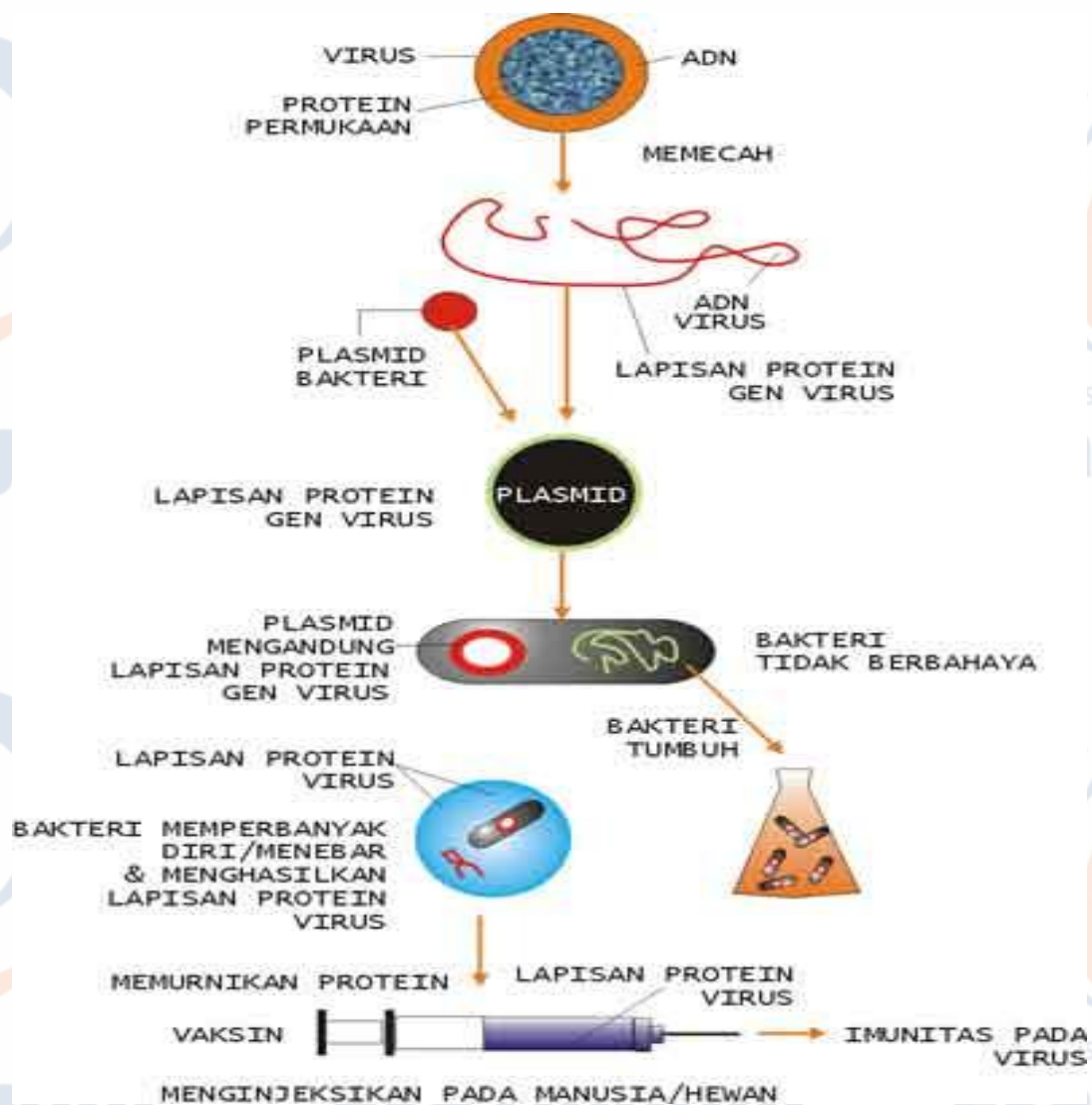
Diperoleh dari toksin yang telah dikurangi atau dihilangkan sifat toksisitasnya hingga mencapai tingkat deteksi tanpa mengurangi sifat imunogenitas

- Vaksin Virus dan Riketsia

Suspensi virus atau riketsia yang ditumbuhkan dalam telur berembrio, dalam biakan sek atau dalam jaringan yang sesuai. Mengandung virus atau riketsia hidup atau inaktif atau komponen imunogeniknya, vaksin virus umumnya dibuat dari virus galur khas yang virulensinya telah dilemahkan

Jenis – Jenis Vaksin

- *Naked DNA vaccines* : dibuat dari virus atau bakteri yang bersifat patogen, dengan cara memasukkan DNA yang sudah dimodifikasi ke dalam sel host melalui transfeksi
- *Edible vaccines* : dibuat dengan transfer gen dari mikroba ke tanaman melalui proses transgenesis.
- *Trojan horses* : organisme yang dirancang untuk membawa vaksin melalui replikasi organisme yang avirulen, dimasukkan ke dalam tubuh manusia sehingga dapat membentuk antibodi
- *Sugar glass vaccines* : menggunakan trehalosa yang bersifat awet dan dapat melindungi protein serta molekul lain dari organisme patogen, berupa kristal gula



Gambar 6. Proses pembuatan naked DNA vaccines

5.STEM CELL (Sel Punca)

Dalam biologi klasik, sel digolongkan sebagai sel somatik atau sel benih. Sel ini mengisi jaringan-jaringan dalam tubuh, mengandung dua salinan dari masing-masing kromosom, dan bersifat diploid. Sel somatik umumnya sangat *terdiferensiasi* atau matang. Sel *terdiferensiasi* biasanya berupa sel yang sangat terspesialisasi dan sudah sangat berkembang. Beberapa waktu yang lalu, para peneliti menemukan bahwa sel tak *terdiferensiasi* (*sel dewasa*) hidup diantara sel somatik didalam organ tubuh. Kelompok sel ini memiliki kemampuan khusus, seperti dapat memilih tugas masing-masing. Sel semacam ini disebut sel induk. Secara definisi sederhana, sel induk (*Stem cell*) atau sel induk adalah sel yang dalam perkembangan embrio manusia menjadi sel awal yang tumbuh menjadi berbagai organ manusia. Sel ini belum terspesialisasi dan mampu berdeferensiasi menjadi berbagai sel matang dan mampu meregenerasi diri sendiri. Sel induk merupakan sel yang dapat bereplikasi menjadi *mature cell* dengan karakteristik dan bentuk khas

Stem cell adalah sel yang tidak atau belum terspesialisasi yang mempunyai 2 sifat yaitu pertama mempunyai kemampuan untuk berdiferensiasi menjadi sel lain. Dalam hal ini stem cell mampu berkembang menjadi berbagai jenis sel matang, misalnya sel saraf, sel otot jantung, sel otot rangka, sel pankreas, dan lain-lain. Kedua mempunyai kemampuan untuk memperbaharui atau meregenerasi dirinya sendiri (*self-regenerate/self-renew*). Dalam hal ini stem cell dapat membuat salinan sel yang persis sama dengan dirinya melalui pembelahan sel. Stem cell memiliki kemampuan klonogenik dan memperbaiki diri, serta berdiferensiasi menjadi berbagai jenis sel (totipoten). Stem cell embrionik berasal dari sekumpulan sel di bagian dalam dari embrio mamalia pada awal konsepsi (stadium blastosist). Dalam pembiakan, sebagian sel ini tumbuh menjadi prekursor. Prekursor yang ditransplantasikan pada hewan percobaan yang mengalami degenerasi apoptotik, akan bermigrasi ke daerah yang mengalami degenerasi. Selanjutnya, sel tersebut akan berdiferensiasi menggantikan fungsi sel yang mengalami degenerasi.

Sel induk pertama kali dikenal dan digunakan dalam pengobatan yang diisolasi dari bagian sumsum tulang belakang. Sel ini dapat berupa sel monosit, limfosit, neutrofil, basofil, dan eritrosit. Sel-sel tersebut menyatu membentuk sel darah. Sel yang menjadi cikal bakal sel darah manusia disebut sel *hematopoietik*, sehingga sel induk yang ditemukan dalam sumsum tulang belakang disebut *sel induk hematopoietik* atau *hematopoietic stem cell* (HSC).

Karakteristik dan Jenis Sel induk (Stem cell)

Sel induk mempunyai dua sifat yang khas yaitu:

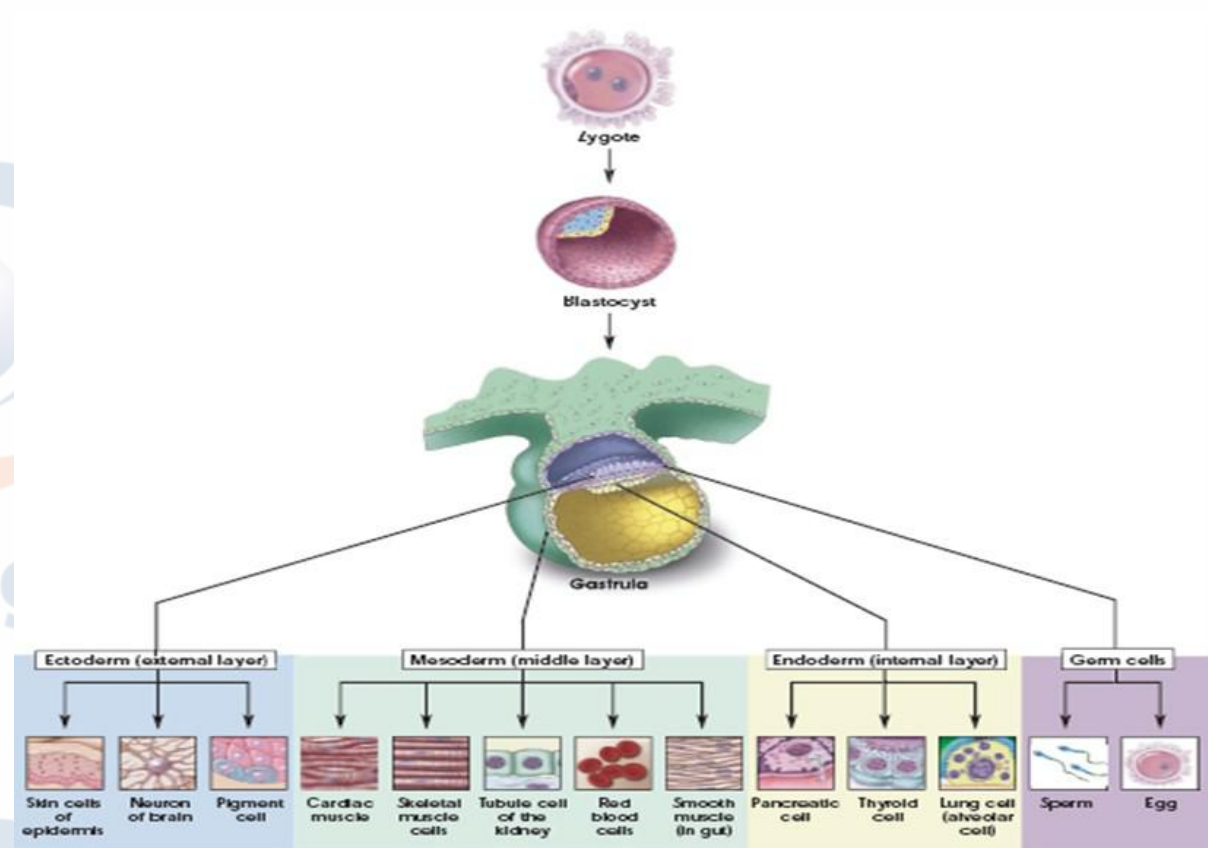
1. *Differensiasi (Differentiate)* yaitu kemampuan untuk berkembang menjadi sel lain. Sel induk mampu berkembang menjadi berbagai jenis sel yang khas (spesifik) misalnya sel saraf, sel otot jantung, sel otot rangka, sel pankreas dan lain-lain
2. *Regenerasi (Self regenerate/self renew)* yaitu kemampuan untuk memperbaharui atau meregenerasi dirinya sendiri. Sel induk mampu membuat salinan sel yang persis sama dengan dirinya melalui pembelahan sel.

Berdasarkan kemampuannya untuk berdifferensiasi sel induk dibagi menjadi empat jenis yaitu:

1. **Totipotent** yaitu sel induk yang dapat berdifferensiasi menjadi semua jenis sel. Yang termasuk dalam sel induk totipotent adalah zigot. Sel ini merupakan sel embrionik awal yang mempunyai kemampuan untuk membentuk berbagai jenis sel termasuk membentuk satu individu yang utuh. Disamping mempunyai kemampuan untuk membentuk berbagai sel pada embrio sel totipotent juga dapat membentuk sel-sel yang menyusun plasenta. Sel ini berasal dari sel telur yang mempunyai kemampuan menjadi sel dan jaringan embrio serta jaringan yang mendukung pertumbuhan embrio itu sendiri. Mamalia mempunyai 200 jenis sel yang meliputi sel saraf (neuron), sel otot (miosit), sel kulit (epitelial), sel darah (eritrosit, monosit, limfosit dll), sel tulang (osteosit) dan sel kartilago (kondrosit). Sel yang juga berperan pada pertumbuhan embrio meliputi jaringan ekstraembrional, plasenta dan tali pusat.
2. **Pluripoten** yaitu Sel berasal dari 3 lapisan germinal embrio yang berasal dari *inner cell* blastokis sebelum menempel pada dinding uterus. Ketiga lapisan tersebut terdiri dari; mesoderm, endoderm dan ektoderm yang merupakan cikal dari semua sel dalam tubuh. Mesoderm merupakan cikal dari sumsum tulang, korteks adrenal, jaringan limfe, otot polos, otot jantung, otot rangka, jaringan ikat, sistem urogenital dan sistem vaskular. Entoderm merupakan cikal dari timus, tiroid, paratiroid, laring, trakhea, paru, vesika urinaria, vagina, uretra, GIT. Sedangkan lapisan terakhir, ektoderm merupakan cikal dari kulit, jaringan saraf, medula adrenal, hipofisis, jaringan ikat kepala dan wajah, mata dan telinga. tetapi tidak dapat menjadi jaringan ekstraembrionik seperti plasenta dan tali pusat. Yang termasuk stem cells pluripotent adalah embryonic stem cells.

3. **Multipotent** yaitu stem cell yang dapat berdiferensiasi menjadi banyak jenis sel misalnya hemopoetic stem cells yang terdapat pada sumsum tulang yang mempunyai kemampuan untuk berdiferensiasi menjadi berbagai jenis sel yang terdapat dalam darah seperti eritrosit, leukosit dan trombosit. Contoh lainnya adalah neural stem cells yang mempunyai kemampuan berdiferensiasi menjadi sel saraf dan sel glia.

4. **Unipotent** yaitu stem cells yang hanya dapat menghasilkan satu jenis sel. Berbeda dengan non stem cells, stem cells mempunyai sifat masih dapat memperbaharui atau meregenerasi diri (self-regenerate/self renew). Contohnya *erythroid progenitor cell* hanya mampu berdiferensiasi menjadi sel darah merah.



Gambar 7. Proses diferensiasi berbagai jenis sel pada jaringan tubuh manusia

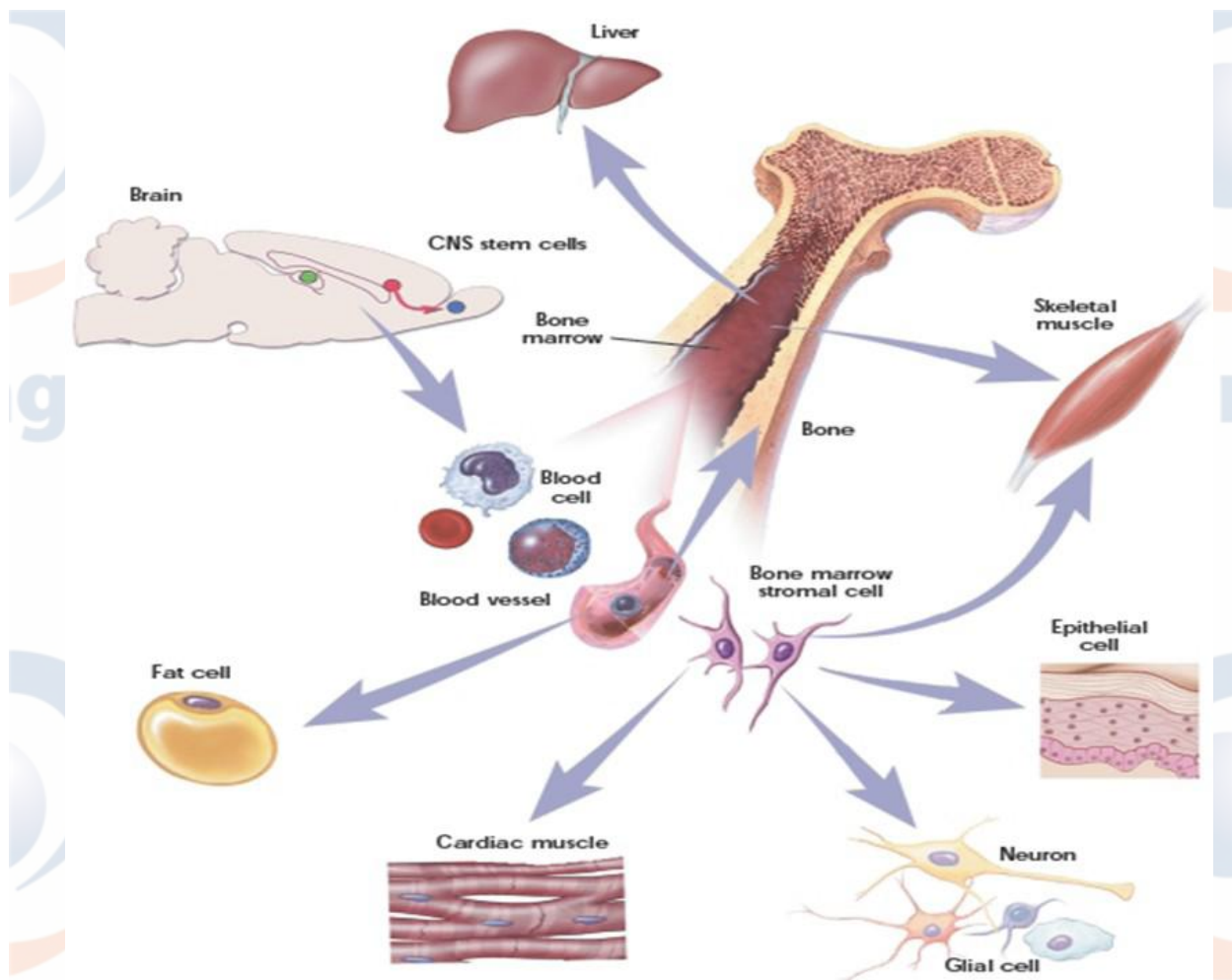
Berdasarkan sumbernya, stem cell dapat dibagi menjadi lima jenis yaitu:

1. **Zigot** yaitu pada tahap sesaat setelah sperma bertemu ovum (fertilisasi)
2. **Embryonic** stem cells yaitu sel-sel stem yang diperoleh dari inner cell mass dari suatu blastocyst (embrio yang terdiri atas 50-150 sel, kira-kira hari ke-5 pasca pembuahan). Embryonic stem cells biasanya didapatkan dari sisa embrio yang tidak dipakai dari IVF (in vitro fertilization). Penggunaan embryonic stem cells ini hingga kini masih menjadi isu etik

yang kontroversial. Sel stem ini mempunyai sifat dapat berkembang biak secara terus menerus dalam media kultur optimal pada kondisi tertentu dan dapat diarahkan untuk berdiferensiasi menjadi berbagai sel yang terdiferensiasi seperti sel jantung, sel kulit, neuron, hepatosit dan sebagainya.

3. **Fetus** yang dapat diperoleh dari klinik aborsi.
4. **Stem cell darah tali pusat** yaitu stem cell yang diambil dari darah plasenta dan tali pusat segera setelah bayi lahir. Stem cells dari darah tali pusat merupakan jenis hematopoietic stem cells dan ada yang menggolongkan kedalam adult stem cells. Sampai saat ini ada 2 tipe stem cells yang telah ditemukan dalam darah tali pusat yaitu hematopoietic stem cells, dan mesenchymal stem cells. Selain kedua jenis stem cells tersebut di dalam darah tali pusat masih ada beberapa tipe lain yang telah ditemukan seperti neuron like stem cells, tetapi hal ini masih memerlukan penelitian lebih lanjut. Darah tali pusat mempunyai immunogenicity yang lebih rendah, isolasinya tidak membutuhkan prosedur yang invasif dan untuk transplantasi tidak membutuhkan 100% ketepatan HLA (*human leucocyte antigen*)
5. **Adult stem cells** yaitu stem cells yang diambil dari jaringan dewasa, misalnya
 - a. *Sumsum tulang* Ada 2 jenis stem cells pada sumsum tulang yaitu
 - 1) hematopoietic stem cells yaitu stem cells yang akan berkembang menjadi berbagai jenis sel darah.
 - 2) stromal stem cells atau disebut juga *mesenchymal stem cell*
 - b. Jaringan lain pada dewasa seperti pada susunan saraf pusat, adiposa (jaringan lemak), otot rangka, dan pankreas.

Adult stem cell mempunyai sifat plastis artinya selain berdiferensiasi menjadi sel yang sesuai dengan jaringan asalnya adult stem cells juga dapat berdiferensiasi menjadi sel jaringan lain, misalnya neural stem cells dapat berubah menjadi sel darah, stromal stem cell dari sumsum tulang dapat berubah menjadi sel otot jantung dan sebagainya.



Gambar 8. Proses diferensiasi jaringan sel dewasa (*adult stem cell*) menjadi sel jaringan

F. Evaluasi Belajar

a. Rangkuman

Penerapan bioteknologi dalam bidang kesehatan meliputi diagnosis, pengobatan dan pencegahan penyakit. Bioteknologi baik dari segi manipulasi gen ataupun rekayasa, keduanya dapat dimanfaatkan untuk menyempurnakan cara-cara diagnosis, pengobatan dan pencegahan penyakit. Dari teknik rekayasa genetika diperoleh bahwa protein manusia dapat diklon untuk memproduksi senyawa-senyawa yang sangat berguna termasuk keperluan vaksinasi terhadap penyakit tertentu. Senyawa vaksin ini dapat meningkatkan kekebalan tubuh terhadap serangan kuman penyakit yang disebut sebagai antibodi.

Sel induk dapat berfungsi sebagai sumber bagi banyak sel yang lebih banyak terdiferensiasi. Sel induk dewasa telah diisolasi dari berbagai jaringan tubuh manusia dan bertujuan menyediakan mekanisme pemulihan dan pengobatan bagi organ spesifik pada tubuh manusia. Sel induk dewasa telah banyak digunakan secara klinis dalam transplatasi sumsum tulang belakang dan untuk membantu pembentukan organ kulit. Sel induk embrionik manusia dapat berdiferensiasi menjadi banyak sel yang dapat memotong beberapa tipe jaringan. Sel ini berasal dari embrio yang terbentuk selama proses IVF. Keturunan mereka dapat menghasilkan proses penghancuran embrio. Sel induk embrionik manusia memiliki potensi terapeutik yang sangat baik pada hewan percobaan. Para peneliti telah banyak melaporkan bahwa cedera tulang punggung, penyakit Parkinson, dan diabetes melitus dapat diterapi dan memberikan respon yang baik dengan terapi sel induk embrionik

b. Latihan

1. Sebutkan dan jelaskan disertai gambar atau diagram tahap-tahap kloning gene vaksin DNA
2. Jelaskan Cara kerja dan Produksi antibodi monoklonal?
3. Jelaskan dan sebutkan jenis antibiotik beserta mikroorganisme yang menghasilkannya
4. Jelaskan cara Kerja dari Terapi gen
5. Sebutkan dan jelaskan cara kerja dari Stem cell

c. Tugas

Presentasi Makalah dan Diskusi tentang Perkembangan Bioteknologi Kodokteran

G. Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa Blog di link ke web hybrid learning
2. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
3. Tugas diselesaikan sebelum batas akhir pengumpulan tugas

H. Daftar Pustaka

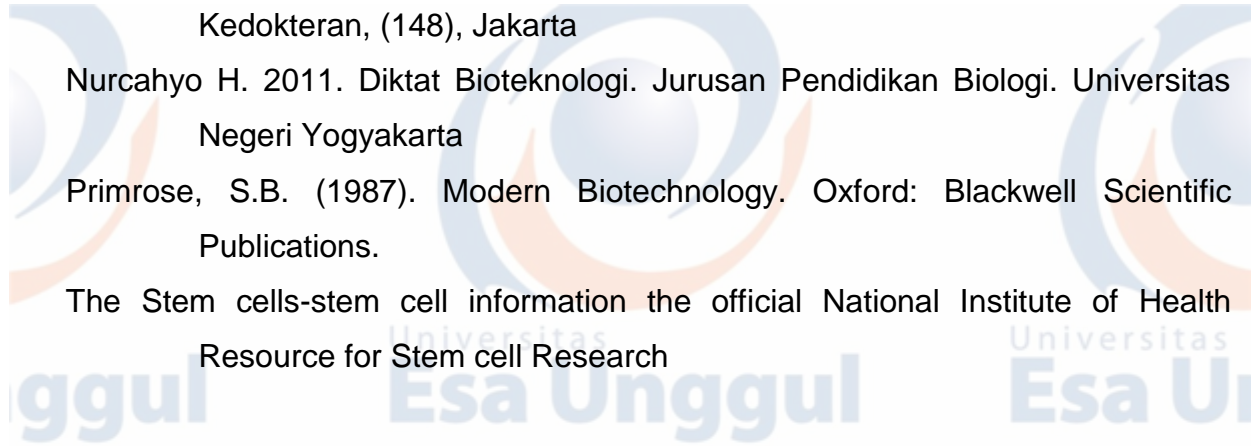
Ahmad A, 2014. Buku Ajar Bioteknologi Dasar. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanuddin. Makasar.

Isbagio, D. W., 2005, Masa Depan Pengembangan Vaksin Baru, Cermin Dunia Kedokteran, (148), Jakarta

Nurchayyo H. 2011. Diktat Bioteknologi. Jurusan Pendidikan Biologi. Universitas Negeri Yogyakarta

Primrose, S.B. (1987). Modern Biotechnology. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

The Stem cells-stem cell information the official National Institute of Health Resource for Stem cell Research



BAB V. PERKEMBANGAN BIOTEKNOLOGI

PANGAN

I. Pengantar

Perkembangan bioteknologi konvensional sekarang ini masih dilakukan untuk menghasilkan produk pangan yang bermutu. Dalam hal ini, yang sangat berperan dalam menghasilkan suatu produk adalah mikroorganisme. Berbagai jenis mikroorganisme bersifat menguntungkan dan berguna untuk produksi bahan pangan manusia. Kamu tentu mengenal makanan seperti yoghurt, acar, sosis, roti, keju, tempe, oncom, kecap, dan tapai. Semua makanan tersebut memanfaatkan mikroorganisme dalam pembuatannya.

A. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam pemahaman penerapan prinsip bioteknologi dalam bidang pangan

B. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Menjelaskan peranan bioteknologi dalam bidang pangan
2. Mempresentasikan dan menjelaskan produk – produk pangan dengan sentuhan bioteknologi
3. Menjelaskan perbedaan bioteknologi pangan konvensional dan bioteknologi pangan moderen

C. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen, diskusi dan membaca jurnal

II. Materi

A. Pendahuluan

Mikroorganisme juga dimanfaatkan sebagai penghasil bahan pangan yang berprotein tinggi, atau dikenal sebagai protein sel tunggal (PST). Kelebihan mikroorganisme sebagai penghasil protein adalah mudah dibudidayakan,

pertumbuhannya sangat cepat, dan kadar proteinnya sangat tinggi yaitu dapat mencapai 80%. Bandingkan dengan protein pada biji kedelai yang kadarnya sekitar 45%. Contoh organisme penghasil PST adalah ganggang *Chlorella* dan *Spirulina*.

Aneka produk makanan memanfaatkan jasa mikroorganisme dalam pengolahannya. Peranan mikroorganisme dalam pengolahan makanan ini adalah mengubah bahan makanan menjadi bentuk lain, sehingga nilai gizinya lebih tinggi, zat gizi lebih mudah diserap dan dimanfaatkan, serta mempunyai cita rasa yang lebih menarik. Perhatikan beberapa contoh jenis makanan dan mikroorganisme yang berperan dalam pengolahannya pada tabel berikut ini. Tabel produk makanan dan mikroorganisme yang berperan dalam pengolahannya

Produk Makanan	Bahan Mentah	Mikroorganisme Pengolah
Berbagai jenis kue	Tepung gandum	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Kopi	Biji kopi	<i>Erwinia dissolvens</i>
Kecap	Kedelai	<i>Aspergillus wentii</i>
Yoghurt	Susu	<i>Lactobacillus bulgaricus</i> dan <i>L. Acidophilus</i>
Keju	Susu	<i>Lactobacillus casei</i>
Nata de coco	Air kelapa	<i>Acetobacter xylinum</i>
Oncom	Kacang tanah	<i>Neurospora crassa</i>
Tape	Umbi ketela pohon atau beras ketan	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Tempe	Kedelai	<i>Rhizopus oryzae</i>
Sayur asin	Sawi hijau	<i>Bakteri asam laktat.</i>

Pemanfaatan mikroorganisme sebagai pengolah bahan makanan telah lama dikenal dan dilakukan oleh banyak orang. Misalnya, digunakan untuk membuat tape, tempe, kecap, dan sebagainya. Berikut ini adalah beberapa contoh peran mikroorganisme sebagai pengolah makanan.

B. Penggolongan Mikroorganisme dalam Pangan

a. Pemanfaatan Mikroorganisme untuk Membuat Kue/Roti

Dalam pembuatan kue, pada adonan tepung ditambahkan ragi ke dalam adonan tersebut dan dibiarkan beberapa saat. Di dalam ragi terdapat jamur *Saccharomyces cereviceae*. Jamur ini akan berkembang biak dengan cepat dalam substrat tepung dan memfermentasi adonan gula (glukosa). Dalam proses fermentasi ini dihasilkan gelembung-gelembung gas karbon dioksida. Keluarnya gas inilah yang menyebabkan adonan kue atau roti dapat mengembang.

b. Mikroorganisme untuk Membuat Asinan

Asinan atau acar merupakan hasil fermentasi bakteri asam laktat (*Lactobacillus bulgaricus*) yang memberi rasa masam dan sedikit asin pada bahan-bahan seperti kubis, mentimun, dan lobak. Pada umumnya, pembuatan acar dilakukan secara terbuka sehingga memungkinkan bakteri aerob mengubah rasa menjadi masam.

c. Mikroorganisme untuk Membuat Minuman dan Alkohol

Mikroorganisme yang banyak digunakan untuk membuat minuman dan alkohol adalah kelompok jamur anaerob. Substrat yang digunakan jamur berupa zat tepung atau karbohidrat. Jamur akan menghasilkan semacam enzim sehingga dapat memfermentasi tepung menjadi glukosa dan karbon dioksida. Dalam proses fermentasi ini dihasilkan alkohol yang dapat memberi citarasa tersendiri pada produk yang dihasilkan, contohnya pada pembuatan tuak, brem, dan sake. Minuman ini dihasilkan dari fermentasi beras ketan oleh *Aspergillus orizae*. Tuak merupakan minuman beralkohol tradisional Jawa. Brem adalah minuman beralkohol tradisional Bali. Sedangkan Sake adalah minuman beralkohol tradisional Jepang.

Contoh lainnya adalah proses pembuatan anggur (wine) dan bir. Anggur dibuat dari buah anggur atau buah yang lain dengan memanfaatkan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Saccharomyces bayanus* melalui proses fermentasi. Bir dibuat dari biji padi yang sebelumnya diubah menjadi malt yang mengandung enzim amilase. Enzim amilase mengubah zat tepung menjadi glukosa sehingga bisa difermentasi oleh khamir jenis tertentu. Hasil fermentasi berupa etanol dan karbon dioksida. Alkohol juga dapat dibuat dari fermentasi

tetes tebu yang disuling untuk mendapatkan alkohol berkadar tinggi. Umumnya, proses pembuatan minuman beralkohol melalui dua tahap, yaitu tahap fermentasi dan tahap destilasi (penyulingan). Tahap destilasi diperlukan untuk meningkatkan kadar alkohol dalam minuman.

d. Mikroorganisme untuk Membuat Yogurt

Yogurt adalah sejenis minuman yang berasal dari susu yang diproses dengan dimanfaatkan mikroorganisme tertentu. Dalam pembuatan yogurt, susu diuapkan agar lebih kental dan kadar lemaknya berkurang. Susu kental ini kemudian difermentasikan pada suhu 45° dengan menggunakan campuran bakteri *Streptococcus thermophilus* dan bakteri *Lactobacillus bulgaricus*. Bakteri *Streptococcus thermophilus* pada pembuatan yogurt berfungsi memberi rasa masam, sedangkan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* memberi aroma dan rasa yang berbeda. Jadi, kombinasi antara kedua bakteri itulah yang memberi cita rasa dan aroma pada yogurt.

e. Mikroorganisme untuk Membuat Mentega dan Keju

Mentega dibuat dari susu krim atau susu skim. Cita rasa dan aroma mentega berasal dari hasil fermentasi bakteri yang sama seperti bakteri yang digunakan untuk membuat yogurt yaitu bakteri asam laktat (*Lactobacillus bulgaricus*). Sedangkan keju juga dibuat dari susu yang difermentasikan oleh bakteri asam laktat. Pembuatan keju memerlukan air dadih yang dibuat dari protein susu yang disebut kasein. Beberapa jenis keju difermentasikan oleh bakteri *Propionibacterium*. Jamur lain juga dapat digunakan untuk membuat keju, misalnya beberapa spesies dari genus *Penicillium* untuk membuat keju yang berwarna hijau kebiruan

C. Produk Bioteknologi dalam Bidang Pangan

Secara garis besar, produk bioteknologi dalam bidang pangan dapat dikelompokkan menjadi empat jenis yaitu sebagai berikut :

1. Produk makanan bergizi tinggi

a. Tempe

Salah satu contoh makanan bergizi tinggi hasil bioteknologi adalah tempe. Tempe merupakan makanan tradisional masyarakat Indonesia yang sudah dikenal sejak dulu. Tempe dibuat dengan memanfaatkan

jamur genus *Rhizopus*, seperti *R. stoloniferus*, *R. oligosporus*, dan *R. oryzae*. Tempe memiliki beberapa keunggulan, yaitu bergizi tinggi dan mudah dicerna. Hal itu disebabkan selama proses fermentasi, jamur *Rhizopus* menghasilkan enzim protease yang mampu mendegradasi protein menjadi asam amino dan juga menghasilkan enzim lipase yang menguraikan lemak menjadi asam lemak. Baik asam amino maupun asam lemak merupakan senyawa sederhana yang langsung dapat diserap oleh tubuh

b. Roti

Roti juga termasuk makanan produk bioteknologi yang bergizi tinggi. Roti dibuat dengan cara fermentasi oleh ragi atau yeast. Dalam pembuatan roti, produk fermentasi yang diperlukan hanyalah karbon dioksida. Karbon dioksida membentuk gelembung-gelembung udara dalam adonan roti. Gelembung-gelembung udara tersebut menjadi roti bertekstur ringan atau berongga-rongga. Adonan roti terdiri atas campuran tepung terigu, garam, lemak, air dan yeast. Yeast tidak memiliki enzim untuk memecah amilum yang terdapat didalam tepung, tetapi penambahan air mengaktifkan enzim amilase yang ada didalam tepung terigu. Selanjutnya, enzim amylase memecah amilum menjadi gula dan gula difermentasi menjadi alcohol serta karbon dioksida oleh yeast

c. Nata de coco

Nata de coco merupakan produk fermentasi air kelapa oleh bakteri *Acetobacter xylinum*. Nata sebenarnya adalah polisakarida (selulosa) yang disintesis bakteri tersebut selama proses fermentasi berlangsung. Biosintesis selulosa ini menggunakan sumber gula yang berasal dari medium air kelapa, yaitu glukosa dan fruktosa

2. Produk makanan dan minuman hasil fermentasi alkohol

a. Tape

Tapai merupakan makanan beralkohol yang memiliki rasa khas dengan kandungan alkohol 3-5 %. Untuk membuat tapai digunakan ragi tapai. Pada ragi tapai terdapat berbagai mikroorganisme, umumnya dari kelompok jamur dan khamir (yeast). Pada saat fermentasi tapai terjadi proses sakarifikasi pati (amilum) oleh enzim amilase yang dihasilkan oleh jamur, kemudian dilanjutkan dengan fermentasi alkohol oleh khamir.

b. Bir

Bir dibuat dari tumbuhan barley (sejenis gandum). Pada umumnya yeast yang digunakan dalam pembuatan bir adalah *Saccharomyces cerevisiae* dan *S. carlsbergensis*. Enzim-enzim yang terdapat didalam yeast mengubah maltosa dalam biji barley menjadi glukosa. Fermentasi bir umumnya memakan waktu 5-14 hari, bergantung pada jenis bir dan hasil pengubahan gula menjadi alcohol, yaitu 3-5 % larutan

c. Wine

Minuman anggur atau wine terbuat dari sari buah anggur yang juga difermentasikan oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Jenis minuman anggur yang dihasilkan bergantung pada jenis buah anggur yang digunakan, proses fermentasi, dan cara penyimpanannya. Rasa dan aroma anggur bergantung pada asam-asam organik dan senyawa-senyawa aromatik organik yang terdapat didalam sari buah anggur dan proses fermentasi. Minuman anggur umumnya mengandung alcohol dengan kadar 10-15 %.

3. Produk makanan dan minuman hasil fermentasi asam

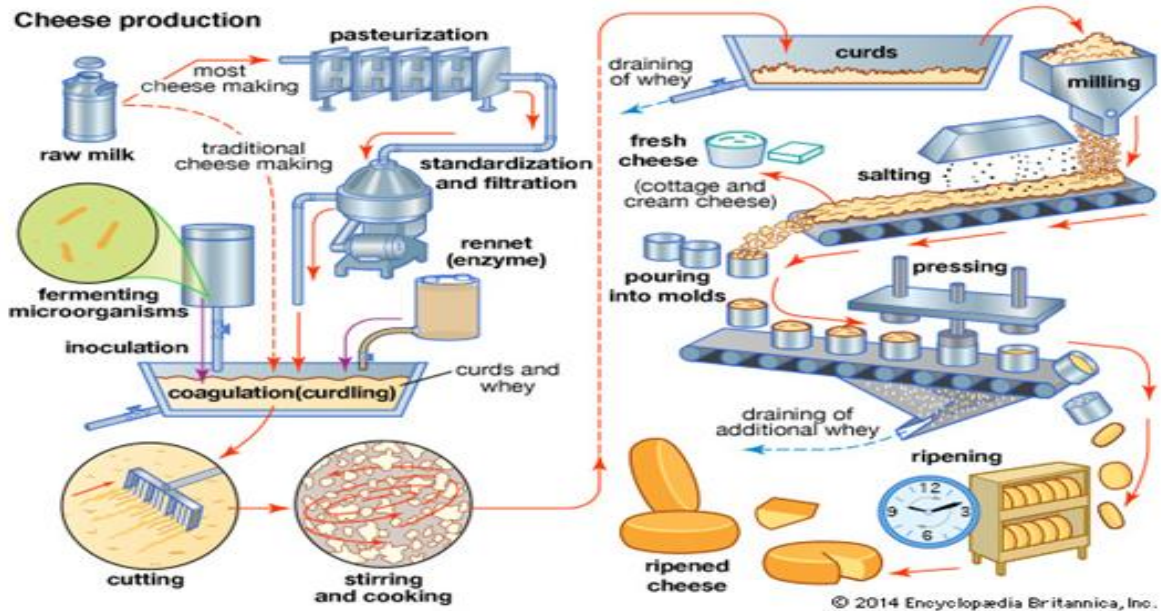
a. Yogurt

Bakteri asam laktat yang digunakan untuk pembuatan yogurt adalah *Lactobacillus bulgaris*, *Streptococcus lactis*, dan *Streptococcus thermophilus*. Bakteri-bakteri tersebut mengubah gula susu (laktosa) menjadi asam laktat. Kondisi asam menyebabkan susu mengalami penggumpalan menjadi dadih susu. Dadih susu terbentuk selama fermentasi oleh bakteri asam laktat. Pembuatan yoghurt dan keju bergantung pada proses penggumpalan susu tersebut. Bakteri asam laktat yang digunakan untuk fermentasi sayur-sayuran dan biji-bijian dalam pembuatan sauerkraut dan pikel (acar) adalah *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus cremoris*. Makanan yang difermentasikan oleh bakteri asam laktat, selain menjadi awet juga memiliki cita rasa yang khas dan mutu gizinya lebih baik.

b. Keju

Keju merupakan contoh penerapan bioteknologi konvensional yang dilakukan melalui metode pengawetan susu. Metode ini sudah dilakukan semenjak zaman Romawi dan Yunani kuno. Keju dibuat dengan menambahkan bakteri

asam laktat pada susu (*Lactobacillus bulgaricus*). Bakteri asam laktat tersebut misalnya *Pripioni bacterium* (untuk keju keras), *Penicilium roqueforti* (untuk keju setengah lunak), dan *Penicilium camemberti* (untuk keju lunak). Adapun bakteri-bakteri tersebut berfungsi sebagai mikrobia yang dapat mengubah laktosa (gula susu) menjadi asam laktat yang padat dan menggumpal.



Gambar 1. Proses Pembuatan Keju dalam Skala Industri

c. Mentega

Mentega contoh produk bioteknologi konvensional yang dihasilkan dari fermentasi krim susu menggunakan bakteri *Streptococcus lactis*. Bakteri ini dapat memisahkan tetapan mentega yang berlemak dengan cairan yang terkandung di dalamnya

4. Produk bahan penyedap

a. Tauco

Tauco merupakan produk fermentasi biji kedelai oleh kapang, khamir, ataupun bakteri. Pada pembuatan tauco terdapat dua tahap proses fermentasi yaitu fermentasi tahap pertama dilakukan oleh kapang, seperti pada pembuatan tempe. Dan fermentasi tahap kedua dilakukan oleh bakteri atau khamir yang halotoleran dalam larutan garam. Mikroorganisme yang terlibat dalam pembuatan tauco, antara lain *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus oligosporus*, *Laktobacillus delbrueckii*, *Hansenella* sp., *Zygosaccharomyces soyae*.

b. Kecap

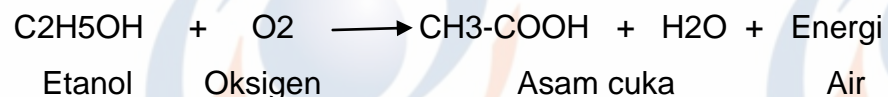
Kecap merupakan bahan penyedap hasil fermentasi biji kedelai. Mikroorganisme yang terlibat dalam fermentasi kecap, antara lain *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus soyae*, bakteri asam laktat homofermentatif (*Lactobacillus*), dan khamir halotoleran. Peran bakteri asam laktat adalah membentuk rasa dan aroma kecap yang khas. Enzim terpenting yang dihasilkan selama pembuatan kecap adalah enzim protease.

c. Terasi

Terasi merupakan produk fermentasi dari udang atau ikan menjadi bentuk pasta berwarna merah kecokelatan dan beraroma khas. Mikroorganisme yang terlibat dalam fermentasi terasi, antara lain *Bacillus*, *Pediococcus*, *Lactobacillus*, *Brevibacterium*, dan *Corynebacterium*.

d. Cuka

Cuka merupakan bahan penyedap hasil oksidasi etanol oleh bakteri *Acetobacter*.



Etanol itu sendiri dapat berasal dari bir, anggur, atau sari buah apel. Cuka bersifat sangat asam sehingga sebelum digunakan harus diencerkan dulu dengan air

C. Produk Bioteknologi Modern

Bioteknologi Modern adalah pemanfaatan organisme dalam tingkat seluler atau molekuler untuk menghasilkan barang dan jasa dalam skala industri. Bioteknologi Modern dilakukan dengan menggunakan prinsip-prinsip ilmiah berdasarkan pengkajian yang mendalam. Dapat di produksi secara masal, misalnya produk bir, roti, dan kecap. Contoh : kultur jaringan dan rekayasa genetika.

1. Kultur jaringan

Kultur jaringan merupakan teknik perbanyak tanaman secara vegetatif buatan yang di dasarkan pada sifat totipotensi tumbuhan.

2. Rekayasa Genetika

Rekayasa Genetika adalah kegiatan manipulasi gen untuk mendapat produk baru dengan cara membuat DNA rekombinan (DNA yang urutannya telah di

rekomendasikan sesuai keinginan) melalui penyisipan gen dengan plasmid sebagai vektornya. Agar DNA sesuai dengan keinginan maka harus dipotong terlebih dahulu dengan enzim restriksi. Potongan-potongan DNA disambung kembali dengan enzim ligase. Rekayasa genetika dapat dilakukan melalui teknik plasmid, teknik hibridoma/fusi protoplasma terapi genetik, kloning. Berikut ini merupakan beberapa contoh produk bioteknologi.

a. Bioteknologi Pengolahan Bahan Pangan

✓ Pengolahan bahan makanan melalui fermentasi

Contohnya pembuatan anggur, wine, dan sake. Mikroorganisme yang berperan adalah Jamur *Aspergillus* (mengubah pati menjadi glukosa), jamur *Saccharomyces* (mengubah glukosa menjadi etanol), bakteri *Acetobacter* (mengubah etanol menjadi asam cuka) dan bakteri *Methanobacterium* (mengubah asam cuka menjadi metanol).

✓ Protein sel tunggal (PST)

Protein Sel Tunggal (PST) merupakan sel kering atau biomassa mikroorganisme seperti khamir, bakteri, dan ganggang yang dapat digunakan sebagai sumber protein untuk pangan dan pakan. dapat dibuat dari alga *Chlorella*, *Spirulina*, dan *Scenedesmus*. PST dari kapang berfilamen *Fusarium gramineum* disebut mikoprotein. Sel-sel mikroba ini juga mengandung karbohidrat, lemak, vitamin, dan mineral

D. Bioteknologi Konvensional dalam Bidang Lainnya

a. Biogas

Biogas merupakan salah satu energi alternatif pengganti minyak bumi yang dihasilkan melalui fermentasi kotoran ternak dan bahan organik lainnya. Melalui fermentasi ini, bahan-bahan tersebut diubah menjadi metana yang dapat berfungsi sebagai penghasil energi yang mirip gas LPG.

b. Pengolahan Limbah

Sebelum dibuang ke perairan, limbah industri mengalami serangkaian proses pengolahan untuk menurunkan tingkat pencemarannya. Pengolahan limbah dewasa ini dilakukan menggunakan bantuan mikroba pengolah limbah,

misalnya Methanobacterium. Bakteri tersebut menguraikan limbah organik menjadi karbondioksida, metana, dan hidrogen

c. Obat- Obatan

Contoh bioteknologi konvensional dapat pula ditemukan dalam produksi obat-obatan. Jamur Penicillium sp. digunakan sebagai antibiotik penisilin, antibiotik yang perannya sangat penting di dunia kesehatan untuk mengobati penyakit-penyakit akibat infeksi patogen

III. Evaluasi Belajar

A. Rangkuman

Dirunut dari konsepnya, pengertian bioteknologi konvensional diartikan sebagai suatu teknologi sederhana yang telah digunakan sejak lama dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai agen pembantu dalam menghasilkan suatu produk. Contoh bioteknologi konvensional yang dikembangkan oleh nenek moyang manusia pada zaman dahulu hingga kini masih diterapkan oleh sebagian masyarakat kita. Contoh-contoh penerapan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 jenis, yaitu penerapannya dalam bidang pengolahan produk susu, bidang pangan, dan bidang non-pangan. Sedangkan untuk produk bioteknologi modern dalam menghasilkan pangan seperti Protein sel tunggal (PST) , Tanaman Transgenik dan hewan transgenik.

B.Latihan

1. Jelaskan Pengertian sejarah perkembangan Bioteknologi konvensional dan pangan moderen
2. Jelaskan pengelompokan mikroorganisme yang membantu dalam proses pangan
3. Jelaskan 5 contoh produk pangan berdasarkan jenis bahan baku dan hasil produk yang di hasilkan
4. Jelaskan metode dalam pengembangan bioteknologi pangan moderen

C. Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning

3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Tugas diselesaikan sebelum batas akhir pengumpulan tugas

H. Daftar Pustaka

Pramasinta Alice, Riska L, Hadiyanto. 2014. Bioteknologi Pangan: Sejarah, Manfaat dan Potensi Risiko. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan.

Nurchahyo H. 2011. Diktat Bioteknologi. Jurusan Pendidikan Biologi. Universitas Negeri Yogyakarta

Yuwono T. 2005. Bioteknologi Pertanian. UGM Press. Yogyakarta



BAB VI. TEKNIK DASAR LABORATORIUM BIOTEKNOLOGI

A. Pengantar

Teknik dasar laboratorium merupakan Kompetensi yang harus dikuasai oleh mahasiswa dalam melakukan penelitian di laboratorium. Pemahaman awal kepada mahasiswa tentang alat-alat/ instrument serta metode yang biasa digunakan di dalam laboratorium sangatlah penting. Kemampuan menggunakan alat dan melakukan pekerjaan di dalam laboratorium merupakan skill dasar yang harus dimiliki oleh mahasiswa Bioteknologi. Sehingga nantinya saat melaksanakan penelitian skripsi maupun setelah memasuki dunia kerja, lulusan prodi Bioteknologi akan lebih terampil dalam melakukan perannya di laboratorium. Topik yang diulas merupakan topik awal yang akan menjadi stimulus untuk mahasiswa dalam mendalami kemampuan melakukan pekerjaan di laboratorium.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam memahami teknik – teknik dasar yang digunakan dalam penelitian di laboratorium bioteknologi.

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Menjelaskan teknik dasar laboratorium
2. Memahami prinsip dan kerja alat yang digunakan di laboratorium
3. Mengusai metode – metode dalam riset bioteknologi sehingga memudahkan mereka dalam melakukan penelitian untuk tugas akhir.

D. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen, video (simulasi kerja alat, dan percobaan di laboratorium)

E. Materi

A. Pendahuluan

Perkembangan penelitian Bioteknologi dewasa ini semakin menunjukkan peningkatan di berbagai bidang. Bioteknologi merupakan pemanfaatan berbagai prinsip ilmiah dan rekayasa terhadap organisme, sistem, atau proses biologis untuk

menghasilkan atau meningkatkan potensi organisme maupun menghasilkan produk dan jasa bagi kepentingan hidup manusia. Salah satu bidang bioteknologi yang memfokuskan diri pada bidang pertanian (Bioteknologi Hijau). Bioteknologi tanaman telah berperan dalam menghasilkan tanaman tahan hama, bahan pangan dengan kandungan gizi lebih tinggi dan tanaman yang menghasilkan obat atau senyawa yang bermanfaat.

Keberhasilan penelitian di bidang bioteknologi didukung oleh berbagai faktor, antara lain: ketersediaan laboratorium yang lengkap dan memadai, ketrampilan peneliti atau teknisi dalam menggunakan peralatan, dan pengetahuan peneliti/teknisi yang cukup mengenai hal-hal yang mendasari penelitian dibidang bioteknologi. Penerapan dari ilmu biologi dan biokimia sebagai ilmu yang mendasari dan mendukung perkembangan bioteknologi molekuler dapat dilakukan dengan teknik rekayasa

genetik atau DNA rekombinan Sebagian besar prosedur analisis molekuler pada penelitian bioteknologi menggunakan basis PCR (Polymerase Chain Reaction). Teknik ini merupakan suatu metode perbanyakan (amplifikasi) potongan DNA secara in vitro pada daerah spesifik yang dibatasi oleh dua buah primer oligonukleotida. Primer yang digunakan sebagai pembatas daerah yang diperbanyak adalah DNA untai tunggal yang urutannya komplemen dengan DNA templatnya. Proses tersebut mirip dengan proses replikasi DNA secara in vivo yang bersifat semi konservatif. Ketrampilan dalam melakukan proses PCR sangat diperlukan untuk aplikasi-aplikasi turunan selanjutnya dalam bioteknologi.

Hasil dari proses PCR dan metode lanjutannya umumnya akan menunjukkan informasi mengenai sekuens atau urutan DNA yang menjadi target kita. Untuk lebih memahami dan mendalami hasil tersebut maka lahirlah cabang ilmu yaitu Bioinformatika. Bioinformatika merupakan ilmu terapan yang lahir dari perkembangan teknologi informasi dibidang molekular. Kemampuan untuk memahami dan memanipulasi kode genetik DNA ini sangat didukung oleh teknologi informasi melalui perkembangan hardware dan software. Metode pembacaan sekuen menggunakan bantuan bioinformatika sangat berguna untuk mempersingkat waktu penelitian bioteknologi.

Kita akan melihat bagaimana informasi genetik dapat dimanipulasi. Gen dapat dimanipulasi untuk berbagai keperluan, misalnya untuk terapi, meningkatkan hasil pertanian, menciptakan organisme yang dapat membersihkan limbah, juga untuk

membuktikan tersangka kriminal melalui test DNA. Untuk setiap keperluan di atas, terdapat beberapa teknik rekayasa genetika yang biasa dilakukan di laboratorium, yaitu : (1) isolasi DNA, (2) amplifikasi atau perbanyakkan fragmen DNA, (3) pemotongan DNA dengan enzim restriksi, (4) kloning gen, (5) penentuan urutan DNA, (6) hibridisasi, (7) analisis RFLP, dan (8) produksi protein rekombinan.

1. Teknik Biologi molekuler

1.1 Isolasi DNA

Semua organisme disusun oleh sel yang mengandung elemen genetik yang sama yaitu DNA yang terdapat dalam kromosom. Kromosom eukariot berbentuk linear sedangkan kromosom prokariot berbentuk sirkular. Selain itu prokariot juga mengandung satu atau lebih plasmid. Plasmid merupakan molekul DNA sirkular dengan ukuran yang jauh lebih kecil dibanding kromosom.

a. Isolasi DNA kromosom.

Prinsipnya adalah memisahkan DNA kromosom atau DNA genom dari komponen-komponen sel lain. Sumber DNA bisa dari tanaman, kultur mikroorganisme, atau sel manusia. Membran sel dilisis dengan menambahkan detergen untuk membebaskan isinya, kemudian pada ekstrak sel tersebut ditambahkan protease (yang berfungsi mendegradasi protein) dan RNase (yang berfungsi untuk mendegradasi RNA), sehingga yang tinggal adalah DNA. Selanjutnya ekstrak tersebut dipanaskan sampai suhu 90°C untuk menginaktivasi enzim yang mendegradasi DNA (DNase). Larutan DNA kemudian di presipitasi atau diendapkan dengan etanol dan bisa dilarutkan lagi dengan air.

b. Isolasi DNA plasmid

DNA plasmid merupakan wadah yang digunakan untuk kloning gen, sehingga DNA plasmid harus di pisahkan dari DNA kromosom. DNA plasmid mempunyai ukuran yang jauh lebih kecil daripada DNA kromosom. Untuk memisahkan DNA plasmid, maka memerlukan perlakuan yang sedikit berbeda dengan prosedur di atas. Pertama, membran sel dilisis dengan penambahan detergen. Proses ini membebaskan DNA kromosom, DNA plasmid, RNA, protein dan komponen lain. DNA kromosom dan protein diendapkan dengan penambahan potasium. Kompleks DNA, protein, dan potasium yang mengendap dipisahkan dengan cara sentrifugasi. Supernatan yang mengandung DNA plasmid, RNA dan protein yang tersisa dipisahkan. Kemudian ditambahkan RNase dan protease untuk

mendegradasi RNA dan protein. Akhirnya DNA plasmid dapat diendapkan atau dipresipitasi menggunakan etanol.

c. Isolasi RNA

RNA, terutama mRNA merupakan materi genetik yang mengkode suatu protein. Jumlah populasi mRNA akan lebih banyak dibanding dengan DNA. mRNA eukariot dapat dipisahkan dari DNA dengan menggunakan oligonukleotida dTatau RNA total juga dapat diisolasi dari sel dengan menambahkan enzim DNase yang berfungsi untuk mendegradasi DNA.

2.2 PCR (*Polymerase Chain Reaction*)

PCR (*Polymerase Chain Reaction*) merupakan suatu teknik perbanyakan (amplifikasi) potongan DNA secara *in vitro* pada daerah spesifik yang dibatasi oleh dua buah primer oligonukleotida. Primer yang digunakan sebagai pembatas daerah yang diperbanyak adalah DNA untai tunggal yang urutannya komplemen dengan DNA templatnya. Proses tersebut mirip dengan proses replikasi DNA secara *in vivo* yang bersifat semi konservatif. PCR memungkinkan adanya perbanyakan DNA antara dua primer, hanya di dalam tabung reaksi, tanpa perlu memasukkannya ke dalam sel (*in vivo*). Pada proses PCR dibutuhkan DNA untai ganda yang berfungsi sebagai cetakan (templat) yang mengandung DNA-target (yang akan di amplifikasi) untuk pembentukan molekul DNA baru, enzim DNA polimerase, deoksinukleosida trifosfat (dNTP), dan sepasang primer oligonukleotida. Pada kondisi tertentu, kedua primer akan mengenali dan berikatan dengan untaian DNA komplemennya yang terletak pada awal dan akhir fragmen DNA target, sehingga kedua primer tersebut akan menyediakan gugus hidroksil bebas pada karbon 3'. Setelah kedua primer menempel pada DNA templat, DNA polimerase mengkatalisis proses pemanjangan kedua primer dengan menambahkan nukleotida yang komplemen dengan urutan nukleotida templat.

DNA polimerase mengkatalisis pembentukan ikatan fosfodiester antara OH pada karbon 3' dengan gugus 5' fosfat dNTP yang ditambahkan. Sehingga proses penambahan dNTP yang dikatalisis oleh enzim DNA polimerase ini berlangsung dengan arah 5'→3' dan disebut reaksi polimerisasi. Enzim DNA polimerase hanya akan menambahkan dNTP yang komplemen dengan nukleotida yang terdapat pada rantai DNA cetakan. PCR melibatkan banyak siklus yang masing-masing terdiri dari tiga tahap berurutan, yaitu pemisahan (denaturasi) rantai DNA templat, penempelan

(*annealing*) pasangan primer pada DNA target dan pemanjangan (*extension*) primer atau reaksi polimerisasi yang dikatalisis oleh DNA polimerase.

Tahapan PCR

1) Denaturasi

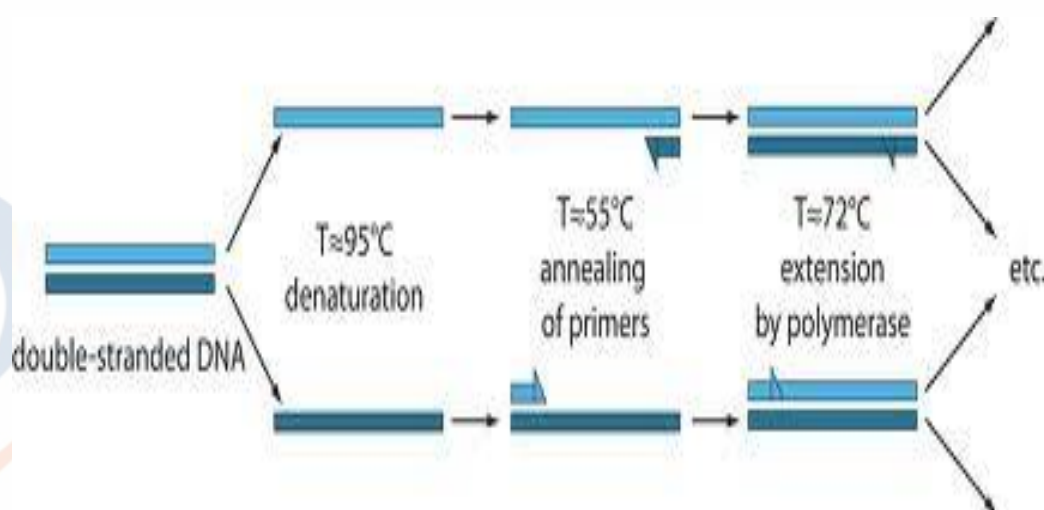
Selama proses denaturasi, DNA untai ganda akan membuka menjadi dua untai tunggal. Hal ini disebabkan karena suhu denaturasi yang tinggi menyebabkan putusannya ikatan hidrogen diantara basa-basa yang komplemen. Pada tahap ini, seluruh reaksi enzim tidak berjalan, misalnya reaksi polimerisasi pada siklus yang sebelumnya. Proses denaturasi biasanya dilakukan antara suhu 90°C – 95°C.

2) Penempelan primer

Pada tahap penempelan primer (*annealing*), primer akan menuju daerah yang spesifik yang komplemen dengan urutan primer. Pada proses *annealing* ini, ikatan hidrogen akan terbentuk antara primer dengan urutan komplemen pada DNA templat. Proses ini biasanya dilakukan pada suhu 50 °C – 60 °C. Selanjutnya, DNA polimerase akan berikatan sehingga ikatan hidrogen tersebut akan menjadi sangat kuat dan tidak akan putus kembali apabila dilakukan reaksi polimerisasi selanjutnya, biasanya pada suhu 72 °C.

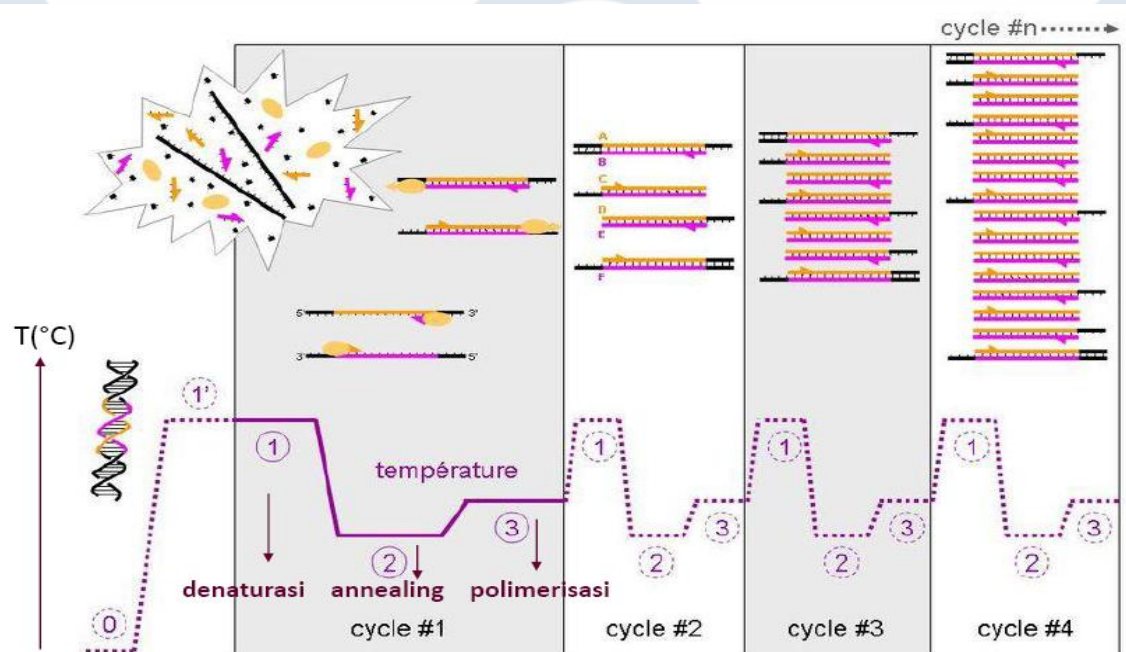
3) Reaksi polimerisasi (*extension*)

Umumnya, reaksi polimerisasi atau perpanjangan rantai ini, terjadi pada suhu 72 °C. Primer yang telah menempel tadi akan mengalami perpanjangan pada sisi 3'nya dengan penambahan dNTP yang komplemen dengan templat oleh DNA polimerase.



Gambar 1. Siklus PCR, yang terdiri dari denaturasi, penempelan primer (*annealing*) dan polimerisasinya

Jika siklus dilakukan berulang-ulang maka daerah yang dibatasi oleh dua primer akan di amplifikasi secara eksponensial (disebut ampikon yang berupa untai ganda), sehingga mencapai jumlah copy yang dapat dirumuskan dengan $(2^n)x$. Dimana n adalah jumlah siklus dan x adalah jumlah awal molekul DNA (template). Jadi, seandainya ada 1 copy DNA sebelum siklus berlangsung, setelah satu siklus, akan menjadi 2 copy, sesudah 2 siklus akan menjadi 4, sesudah 3 siklus akan menjadi 8 kopi dan seterusnya. Sehingga perubahan ini akan berlangsung secara eksponensial. PCR dengan menggunakan enzim Taq DNA polimerase pada akhir dari setiap siklus akan menyebabkan penambahan satu nukleotida A pada ujung 3' dari potongan DNA yang dihasilkan. Sehingga nantinya produk PCR ini dapat dikloning dengan menggunakan vektor yang ditambahkan nukleotida T pada ujung-ujung 5'-nya. Proses PCR dilakukan menggunakan suatu alat yang disebut thermocycler



Gambar 1. Siklus PCR

Komponen PCR

1) Enzim DNA Polymerase

Dalam sejarahnya, PCR dilakukan dengan menggunakan Klenow fragment DNA Polimerase I selama reaksi polimerisasinya. Enzim ini ternyata tidak aktif secara termal selama proses denaturasi, sehingga peneliti harus menambahkan enzim di setiap siklusnya. Selain itu, enzim ini hanya bisa dipakai untuk perpanjangan 200 bp dan hasilnya menjadi kurang spesifik. Untuk mengatasi kekurangan tersebut, dalam

perkembangannya kemudian dipakai enzim *Taq DNA polymerase* yang memiliki aktivitas pada suhu tinggi. Oleh karenanya, penambahan enzim tidak perlu dilakukan di setiap siklusnya, dan proses PCR dapat dilakukan dalam satu mesin (*thermocycle*).

2) Primer

Primer merupakan oligonukleotida pendek rantai tunggal yang mempunyai urutan komplemen dengan DNA templat yang akan diperbanyak. Panjang primer berkisar antara 20-30 basa. Untuk merancang urutan primer, perlu diketahui urutan nukleotida pada awal dan akhir DNA target. Primer oligonukleotida di sintesis dengan ukuran seperti yang disebutkan di atas menggunakan suatu alat yang disebut *DNA synthesizer*.

3) Reagen lainnya

Selain enzim dan primer, terdapat juga komponen lain yang ikut menentukan keberhasilan reaksi PCR. Komponen tersebut adalah dNTP untuk reaksi polimerisasi, dan buffer yang mengandung MgCl₂. Konsentrasi ion Mg²⁺ dalam campuran reaksi merupakan hal yang sangat kritis. Konsentrasi ion Mg²⁺ ini sangat mempengaruhi proses primer annealing, denaturasi, spesifisitas produk, aktivitas enzim dan fidelitas reaksi.

c. Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction (RT-PCR)

RT-PCR merupakan singkatan *Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction*. Seperti namanya, proses RT-PCR merupakan bagian dari proses PCR biasa. Perbedaannya dengan PCR yang biasa, pada proses ini berlangsung satu siklus tambahan yaitu adanya perubahan RNA menjadi cDNA (*complementary DNA*) dengan menggunakan enzim Reverse Transkriptase. Reverse Transcriptase adalah suatu enzim yang dapat mensintesis molekul DNA secara *in vitro* menggunakan template RNA. Seperti halnya PCR biasa, pada pengerjaan RT-PCR ini juga diperlukan DNA Polimerase, primer, buffer, dan dNTP. Namun berbeda dengan PCR, templat yang digunakan pada RTPCR adalah RNA murni. Oleh karena primer juga dapat menempel pada DNA selain pada RNA, maka DNA yang mengkontaminasi proses ini harus dibuang. Untuk proses amplifikasi mRNA yang mempunyai poly(A) tail pada ujung 3', maka oligo dT, random heksamer, maupun primer spesifik untuk gen tertentu dapat dimanfaatkan untuk memulai sintesis cDNA.

d. Metoda Deteksi Produk PCR

Produk PCR adalah segmen DNA (amplikon) yang berada dalam jumlah jutaan copy, tetapi tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Oleh karena itu PCR perlu diikuti dengan suatu tahap akhir yang bertujuan untuk memvisualisasikan produk PCR serta sekaligus bertujuan untuk mengetahui ukuran produk PCR dan mengetahui apakah produk yang dihasilkan adalah benar seperti yang diinginkan. Salah satu metoda deteksi yang umum dilakukan adalah elektroforesis pada gel agarosa. Metoda ini didasarkan pada pergerakan molekul bermuatan dalam media penyangga matriks stabil yang direndam ke dalam larutan buffer di bawah pengaruh medan listrik. Media yang umum digunakan adalah gel agarosa atau poliakrilamid. Elektroforesis gel agarosa digunakan untuk memisahkan fragmen DNA yang berukuran lebih besar dari 100 pb dan dijalankan secara horizontal, sedangkan elektroforesis poliakrilamid dapat memisahkan 1 pb dan dijalankan secara vertikal. Elektroforesis poliakrilamid biasanya digunakan untuk menentukan urutan DNA (proses sekuensing).

2.3. Elektroforesis DNA

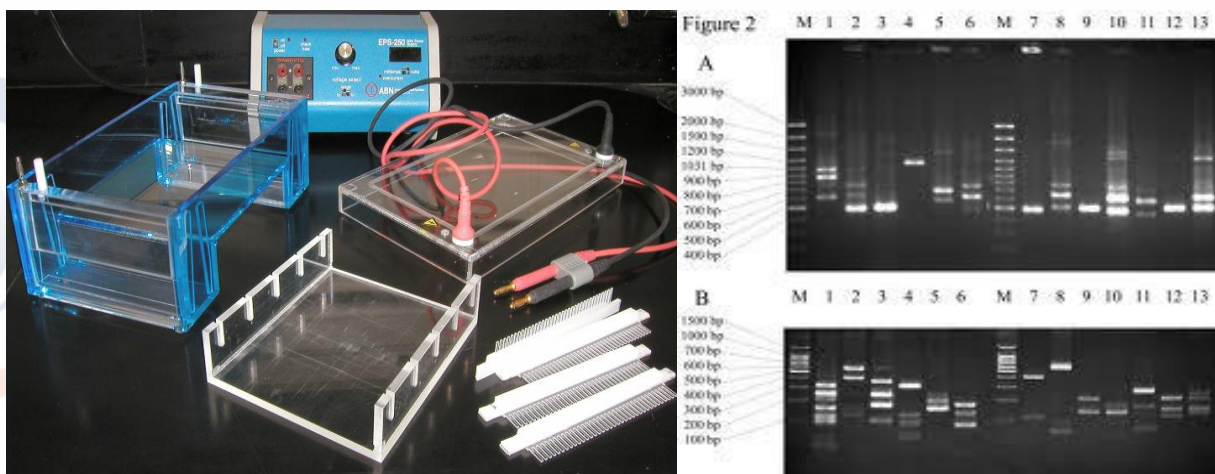
Elektroforesis merupakan suatu metode pemisahan molekul yang menggunakan medan listrik (elektro) sebagai penggerak molekul dari matriks penyangga berpori (foresis). Metode ini sangat umum digunakan untuk memisahkan molekul yang bermuatan atau dibuat bermuatan. Teknik ini dapat digunakan untuk memanfaatkan muatan listrik yang ada pada molekul misalnya DNA yang bersifat negatif. Molekul yang dapat dipisahkan antara lain DNA, RNA, atau protein. Jika suatu molekul yang bermuatan negatif dilewatkan melalui suatu medium, misalnya gel agarosa, kemudian dialiri arus listrik dari satu kutub ke kutub yang berlawanan muatannya, maka molekul tersebut akan bergerak dari kutub negatif ke kutub positif.

Elektroforesis DNA umumnya menggunakan metode elektroforesis gel agarosa. Elektroforesis DNA dilakukan misalnya untuk menganalisis fragmen-fragmen DNA hasil pemotongan dengan enzim restriksi. Fragmen molekul DNA yang telah dipotong-potong dapat ditentukan ukurannya dengan cara membuat gel agarosa, yaitu bahan semi-padat berupa polisakarida yang diekstraksi dari rumput laut. Gel agarosa dibuat dengan melarutkannya dalam suatu buffer. Agar dapat larut dengan baik, pelarutannya dibantu dengan pemanasan hingga gel agarosa dalam keadaan cair sehingga mudah dituang ke atas lempeng, dan sebelum mendingin

dibuat sumuran dengan menggunakan perspex menyerupai sisir yang ditancapkan pada salah satu ujung gel yang masih cair. Sehingga ketika gel memadat, terbentuklah sumuran-sumuran kecil. Kedalam sumuran inilah nantinya molekul DNA dimasukkan

Agarosa merupakan polisakarida yang terdiri dari unit agarobiosa. Konsentrasi agarosa yang biasa digunakan antara 1-3%. Ukuran pori gel bergantung pada konsentrasi agarose, semakin tinggi konsentrasi agarosa maka semakin kecil ukuran pori. Sebaliknya, semakin rendah konsentrasi agarosa maka semakin besar ukuran pori. Agarosa juga mengandung sulfat, semakin rendah konsentrasi sulfat maka semakin murni agarosa. Keuntungan menggunakan agarosa adalah agarosa leleh pada suhu yang rendah (62-65°C)

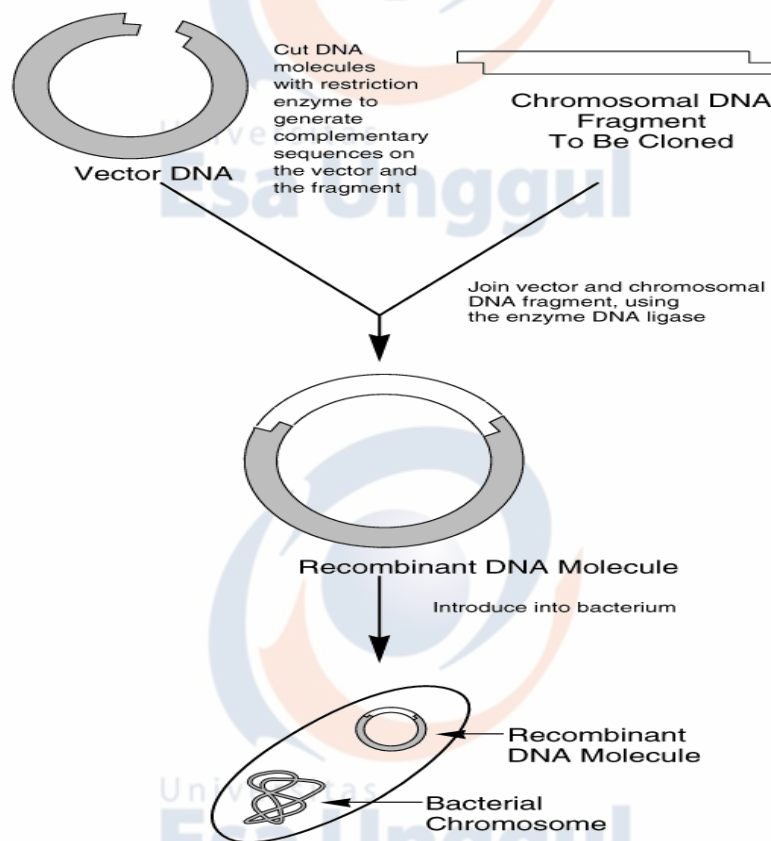
Larutan DNA yang bermuatan negatif dimasukkan ke dalam sumur sumur yang terdapat pada gel agarosa dan diletakkan di kutub negatif, apabila dialiri arus listrik dengan menggunakan larutan buffer yang sesuai maka DNA akan bergerak ke kutub positif. Laju migrasi DNA dalam medan listrik berbanding terbalik dengan massa DNA. Migrasi DNA terutama ditentukan oleh ukuran panjang dan bentuk DNA. Fragmen DNA yang berukuran kecil akan bermigrasi lebih cepat dibanding yang berukuran besar, sehingga elektroforesis mampu memisahkan fragmen DNA berdasarkan ukuran panjangnya. Untuk visualisasi maka ditambahkan larutan etidium bromida yang akan masuk diantara ikatan hidrogen pada DNA, sehingga pita fragmen DNA akan kelihatan dibawah lampu UV, seperti yang divisualisasikan pada Gambar 3. Panjang ampikon bisa diperkirakan dengan membandingkannya dengan pita DNA standar atau marker (M)



Gambar 3. Hasil Visualisasi DNA dengan Elektroforesis

2.4. Kloning Gen

Sejak ditemukannya **enzim restriksi** (enzim yang dapat memotong DNA pada urutan yang spesifik) dan ditemukannya **enzim ligase** (enzim yang dapat menyambungkan potongan DNA), maka DNA dari organisme apa saja dapat diisolasi, dipotong-potong, disambungkan kembali dan dipindahkan ke organisme lain. Proses mengkombinasikan beberapa DNA dan memperbanyak **DNA rekombinan** tersebut di dalam sel disebut **kloning** (Gambar 4). Proses memasukkan DNA ke dalam sel disebut **transformasi** dan sel yang dihasilkan disebut **transforman**. Agar suatu DNA dapat diperbanyak di dalam sel, maka DNA tersebut harus disisipkan ke dalam suatu **plasmid** (berfungsi sebagai vektor/pembawa) yang dapat bereplikasi di dalam sel. Kumpulan sel-sel yang mengandung **plasmid rekombinan** yang sama disebut sebagai suatu **klon**. Pada kloning gen, suatu fragmen DNA yang mengandung gen yang akan di klon disisipkan pada molekul DNA vektor untuk menghasilkan molekul DNA rekombinan. DNA rekombinan ini digunakan untuk mentransformasi sel inang (biasanya bakteri). Di dalam sel, vektor mengadakan replikasi, menghasilkan banyak copy atau turunan yang identik, baik vektornya maupun gen yang dibawanya..



Gambar 4. Proses Gen Kloning

2.5 Pemotongan dan Penyambungan DNA

Molekul plasmid yang digunakan sebagai vektor harus dipotong untuk membuka DNA lingkaran, sehingga molekul DNA asing bisa disisipkan. Enzim restriksi merupakan suatu endonuklease yang mengenal urutan spesifik pada molekul DNA dan memotong pada urutan yang spesifik tersebut. Sisi pengenalan enzim restriksi umumnya merupakan suatu polindrom, dimana urutan nukleotida rantai atas sama dengan urutan nukleotida rantai bawah. Misalnya: Enzim restriksi hanya terdapat pada beberapa bakteri, dan berfungsi untuk mempertahankan diri dari infeksi bakteriofage, beberapa enzim restriksi dengan situs pemotongan.

Nama enzim	Sumber bakteri	Urutan pengenalan
AluI	<i>Arthrobacter luteus</i>	AG↓CT
BamHI	<i>Bacillus</i>	G↓GATCC
Clal	<i>Caryophanon latum</i>	AT↓GCAT
EcoRI	<i>Escherichia coli</i>	G↓AATTC
HaeIII	<i>Haemophilus aegyptius</i>	GG↓CC
HindIII	<i>Haemophilus influenzae</i>	A↓AGCTT
KpnI	<i>Klebsiella pneumonia</i>	GGTAC↓C
NotI	<i>Nocardia otidiscaviarum</i>	GC↓GGCCGC
PstI	<i>Providencia stuartii</i>	CTGCA↓G
XbaI	<i>Xanthomonas bradii</i>	T↓CTAGA
XhoI	<i>Xanthomonas holcicola</i>	C↓TCGAG

Penyambungan DNA dengan enzim ligase. Apabila dua molekul DNA mempunyai ujung rantai tunggal yang komplementer, maka kedua ujung DNA tersebut dapat berpansangan, kemudian enzim ligase dapat membentuk ikatan fosfodiester antara kedua molekul DNA tersebut. Reaksi enzimatik ini memerlukan energi dari ATP.

2.6. Sekuensing DNA

Sekuensing DNA merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengetahui urutan nukleotida atau basa dalam suatu fragmen DNA. DNA menyimpan informasi genetik dalam bentuk urutan nukleotida. Dengan mengetahui urutan nukleotida suatu gen, maka dapat ditentukan urutan asam amino protein yang dikodenya. Sebaliknya, urutan asam amino protein tidak dapat memberikan informasi lengkap tentang urutan nukleotida gen yang mengkodinya. Karena alasan

tersebut, selain karena mahalanya sekuensing protein, maka sekuensing DNA jauh lebih banyak digunakan.

Metode sekuensing DNA yang paling banyak digunakan adalah metode dideoksi Sanger. Reaksi sekuensing dimulai dengan reaksi PCR untuk memperbanyak fragmen DNA dan diikuti dengan elektroforesis gel poliakrilamida untuk memisahkan basa-basa DNA. Seperti proses PCR, reaksi sekuensing juga meniru proses pembentukan *leading strand* pada replikasi DNA di alam. Ada tiga tahapan penting yang harus dilakukan pada sekuensing atau pembacaan urutan nukleotida pada molekul DNA, yaitu:

- a. Pembentukan fragmen-fragmen DNA untai tunggal dengan berbagai ukuran melalui proses PCR .
- b. Pemisahan fragmen-fragmen DNA dengan gel elektroforesis poliakrilamida
- c. Pembacaan hasil elektroforesis.

Tahap pertama reaksi sekuensing serupa dengan teknik PCR yang memerlukan siklus suhu berulang. Sekuensing dilakukan dengan menggunakan enzim DNA polimerase untuk memperpanjang primer sepanjang templat DNA untai tunggal dengan adanya empat deoksinukleotida trifosfat (dNTP: dATP, dTTP, dGTP, dCTP). Berbeda dengan PCR, DNA yang akan disekuensing dapat berupa untai tunggal maupun untai ganda dan primer yang diperlukan hanya satu. Komponen kunci dalam reaksi sekuensing adalah analog dNTP yaitu dideoksinukleotida trifosfat (ddNTP) yang tidak memiliki gugus 3'-OH. Reaksi sekuensing diterminasi secara acak dengan masuknya ddNTP. Dengan menggunakan sejumlah kecil ddNTP (dibandingkan dengan dNTP), maka setelah 20-30 siklus suhu akan diperoleh fragmen-fragmen DNA yang panjangnya berbeda-beda dengan selisih satu nukleotida yang semuanya memiliki ddNTP pada ujung 3'-nya

F. Evaluasi Belajar

a. Rangkuman

Bioteknologi molekuler adalah penggunaan teknik laboratorium untuk mempelajari dan memodifikasi asam nukleat dan protein untuk aplikasi di berbagai bidang seperti kesehatan manusia dan hewan, pertanian, dan lingkungan. Bioteknologi molekuler ditujukan memanipulasi suatu organisme pada taraf selular dan molekuler (rekayasa genetika dan biologi molekuler). Bioteknologi molekuler hasil

dari konvergensi dari banyak bidang penelitian, seperti biologi molekuler, mikrobiologi, biokimia, imunologi, genetika, dan biologi sel. Biologi molekuler merupakan ilmu yang mempelajari fungsi dan organisasi jasad hidup (organisme) ditinjau dari struktur dan regulasi molekuler unsur atau komponen penyusunnya. Aspek biologi yang dikaji adalah bahan genetik dan sintesis protein.

Bioteknologi tidak terlepas dari mikroorganisme sebagai subyek (pelaku) dalam hal ini adalah mikroorganisme berupa virus, bakteri, cendawan, alga, protozoa yang dikaji dalam ilmu mikrobiologi. Ilmu pendukung bioteknologi lain adalah genetika yang didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari berbagai aspek yang menyangkut pewarisan sifat dan variasi sifat pada organisme maupun sub-organisme (seperti virus dan prion) atau ilmu tentang gen. Bagian ilmu yang menjadi penyokong bioteknologi adalah biologi sel, biokimia, dan ilmu teknik. Hal yang dipelajari dalam biologi sel mencakup sifat-sifat fisiologis sel seperti struktur dan organel yang terdapat di dalam sel, lingkungan dan interaksi sel, daur hidup sel, pembelahan sel dan fungsi sel (fisiologi), hingga kematian sel. Biokimia merupakan ilmu yang mempelajari struktur dan fungsi komponen selular, seperti protein, karbohidrat, lipid, asam nukleat, dan biomolekul lainnya dan lebih terfokus secara khusus pada kimia reaksi termediasi enzim dan sifat-sifat protein. Multidisiplin ilmu ini dapat diterapkan dalam teknik DNA rekombinan atau rekayasa genetika. Dimana Teknologi DNA rekombinan (recombinant DNA technology) adalah suatu metode untuk merekayasa genetik dengan cara menyisipkan (insert) gen yang dikehendaki ke dalam suatu organisme. Teknologi transgenik bertujuan untuk mengubah sifat alami suatu individu menjadi sifat yang dikehendaki oleh manusia dan memanfaatkan proses replikasi, transkripsi dan translasi untuk memanipulasi, mengisolasi dan mengekspresikan suatu gen dalam organisme yang berbeda. Teknologi DNA rekombinan ini memberikan banyak manfaat di beberapa sektor, seperti pada bidang kesehatan, pangan, lingkungan, energi, dan lain – lain.

b. Latihan dan tugas

1. Jelaskan Teknik – teknik yang digunakan dalam Riset Bioteknologi
2. Jelaskan metode dalam Biologi Molekuler
3. Jelaskan pengertian tentang PCR beserta siklusnya?
4. Jelaskan pengertian dan tahapan elektroforesis ?

G. Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa

2. Blog di link ke web hybrid learning
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Tugas diselesaikan sebelum batas akhir pengumpulan tugas

H. Daftar Pustaka

Yuwono, T. 2005. **Biologi Molekuler**. Penerbit Erlangga. Jakarta

Gaffar, S. 2007. Buku Ajar Bioteknologi Molekul. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran. Bandung.

Nurcahyo, H. 2011. Diktat Bioteknologi. Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.

Sajidan. 2009. Tentang Bioteknologi. <http://sajidan.staff.fkip.uns.ac.id/2011/02/18/tentang-bioteknologi/>.

Siregar, AZ., 2008. Biologi Pertanian. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.

Smith, JE. 2009. Biotechnology. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.

BAB VII. BIOETIKA DALAM BIOTEKNOLOGI

I. Pengantar

Mata kuliah Bioetika dimulai dengan materi pengertian bioetika dan kaitannya dengan kehidupan sehari-hari. Mata kuliah Bioetika diharapkan dapat meningkatkan kepekaan mahasiswa terhadap sesama, terhadap organisme lain dan lingkungan. Dengan mempelajari Bioetika diharapkan pula dapat meningkatkan keterampilan dasar Bioetnologi secara beretika.

A. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan dan mendeskripsikan pengertian bioetika dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

B. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Memahami dan mampu menjelaskan pengertian bioetika
2. Menjelaskan dan mengaitkan keilmuan bioetika dalam prinsip bioteknologi
3. Menganalisis ketidakseimbangan alam dengan aplikasi bioetika dalam masyarakat

C. Kegiatan Pembelajaran

1. Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen, diskusi dan presentasi kelompok
2. Mahasiswa memahami penjelasan dosen selama 30 menit dan selanjutnya diajukan masalah ke setiap kelompok untuk didiskusikan dan setiap kelompok presentasi di depan kelas

II. MATERI

A. Pendahuluan

Dimasa yang akan datang pertumbuhan penduduk dunia akan semakin meningkat. Proyeksi pada tahun 2030 seperti yang telah dilaporkan Brown dan Kane dalam "*Full House. Reseassing the Earths Population Carrying Capacity*" (1994), memperlihatkan peningkatan jumlah penduduk yang cukup fantastis, kurang lebih 160 persen dari jumlah penduduk tahun 1990. Predikis di Asia, India menempati

peringkat pertama (590 juta), disusul Cina (490 juta), Pakistan (197 juta), Bangladesh (129 juta), dan Indonesia (118 juta). Saat ini diduga 900 juta dari 5,8 miliar penduduk dunia, terutama di negara Asia dan Afrika, sedang mengalami kelaparan akibat penurunan produksi pertanian per kapita. Penyebab utama penurunan produksi adalah gangguan hama dan penyakit tanaman serta gulma. Laju peningkatan jumlah penduduk yang tidak terkendali serta tidak langsung juga ikut andil memperburuk situasi ini.

Peningkatan teknologi merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan nilai tambah sumber daya alam, produktivitas pertanian, dan penyediaan bahan pangan dengan menggunakan bioteknologi modern. Sebagai contoh di bidang pertanian telah dikembangkan dengan bioteknologi modern berbagai tanaman pangan, sayuran, buah-buahan, bunga dan tanaman perkebunan yang tahan terhadap hama dan penyakit yang bereproduksi tinggi. Penggunaan bioteknologi modern di Indonesia memberikan kemungkinan yang besar untuk mengatasi masalah pangan, sandang, papan dan mendukung industri dalam negeri. (Abdul Rizal, 2008)

Keunggulan bioteknologi yaitu kemampuannya dalam mengubah suatu sifat organisme menjadi sifat yang baru dan lebih unggul serta sesuai dengan yang dikehendaki, sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan manusia akan organisme tersebut. Perkembangan bioteknologi saat ini telah memasuki masa pemasaran hasil-hasil dari bioteknologi. Perakitan tanaman transgenik dengan sengaja diarahkan untuk memperoleh kultivar tanaman yang memiliki tingkat produksi yang tinggi, nutrisi yang mencukupi, dan memiliki penampilan dengan kualitas tinggi maupun ketahanan tanaman tersebut terhadap hama penyakit serta cekaman dari lingkungan. Melalui teknik rekayasa genetika, fragmen DNA transforman yang memiliki keunggulan yang diinginkan dapat disisipkan ke dalam genom organisme jenis lain, bahkan yang sangat jauh hubungan kekerabatannya sekalipun. Pemindahan gen tersebut ke dalam genom lain tidak mengalam batas jenis maupun golongan organisme karena DNA bersifat universal pada semua makhluk hidup. Melihat manfaat dan potensi yang dapat disumbangkan, pendekatan bioteknologi dipandang mampu menyelesaikan problematika pangan di dunia, terutama pada negara yang sedang berkembang, seperti yang telah dilakukan oleh negara-negara maju.

Meskipun aplikasi dari bioteknologi memberikan manfaat signifikan dalam bidang pertanian, aplikasi tersebut harus tetap diiringi dengan langkah yang perlu

diambil untuk memastikan produk tersebut tidak membahayakan kehidupan manusia. Walaupun secara umum semua teknologi yang dimanfaatkan oleh manusia memiliki resiko yang dapat membahayakan manusia, jika digunakan tidak dengan hati-hati, dan tidak sesuai dengan prosedur. Demikian juga dengan bioteknologi modern sekarang ini, selain dapat meningkatkan nilai tambah keanekaragaman hayati, perbaikan kesehatan manusia dan perbaikan hasil produksi pertanian, juga memiliki potensi untuk menimbulkan kerugian atau kerusakan bagi keanekaragaman hayati dan kesehatan lingkungan dan manusia.

Ho (1999) mengemukakan empat jenis resiko yang mungkin ditimbulkan oleh produk transgenik, yaitu: a) Efek akibat gen asing yang diintroduksi kedalam organisme transgenik, b) efek yang tidak diharapkan dan tidak ditargetkan akibat penyisipan gen secara random dan interaksi antar gen asing dan gen inang didalam organisme transgenik, c) efek yang dikaitkan dengan sifat kontroksi gen artificial yang disisipkan ke dalam organisme transgenik, d) efek dari aliran gen, terutama penyebaran secara horizontal dan sekunder dari gen dan kontroksi gen dari organisme transgenik ke spesies yang tidak berkerabat. Untuk mengatasi dan meminimalisir resiko yang akan ditimbulkan oleh produksi transgenik maka dimunculkanlah konsep bioetika. Bioetika sendiri berasal dari kata "Bios" yang berarti hidup atau segala sesuatu yang menyangkut kehidupan, dan kata "ethicos" yang berhubungan dengan etika moral. Munculnya konsep ini pada awalnya dilatarbelakangi oleh adanya masalah-masalah yang timbul dari kecerobohan manusia seperti polusi lingkungan yang berkembang pesat, sehingga menyebabkan lingkungan bumi beserta sistem ekologiannya berada dalam bahaya. Pada saat itu bioetika merupakan ilmu untuk mempertahankan hidup dalam mengatasi kepunahan lingkungan dan mengatasi kepunahan manusia. Dalam perkembangannya bioetika cenderung mengarah pada penanganan isu-isu tentang nilai-nilai dan etika yang timbul karena perkembangan ilmu dan teknologi yang cepat selama 15 tahun terakhir.

ISTILAH BIOETIKA

Istilah ini relatif baru dan terbentuk dari dua kata Yunani ("Bios" = Hidup dan "Ethos" = adat istiadat atau moral), yang secara harfiah berarti etika hidup. Dalam khazanah medis 1960-an, istilah ini masih sulit ditemui walaupun minat dan perhatian dalam bidang bioetika telah muncul sejak 1960-an dan awal 1970-an.

Malah, setelah perang dunia ke dua dikeluarkan *Kodeks Nuerberg* di Jerman (1946), tahun 1948 dicetuskan Deklarasi Geneva di Swiss oleh Asosiasi Medis Dunia sebagai versi modern dari Sumpah Hippokrates (460-377 SM). Dua tahun setelah Deklarasi Universal tentang Hak-hak Manusia (1948), tepatnya pada tanggal 4 November 1950, diselenggarakan konvensi perlindungan hak-hak manusia dan kebebasan dasar, yang menelurkan rentetan pernyataan tentang perlindungan hidup dan integritas fisik bersama perlindungan dan penyelamatan kebebasan dasar sipil dan politik hingga dikeluarkannya pernyataan, konvensi, rekomendasi, dan piagam-piagam. Dalam arti luas, bioetika merupakan penerapan etika dalam ilmu-ilmu yang biologis, obat, pemeliharaan kesehatan, dan bidang-bidang terkait. Sebuah pendekatan interdisipliner yang diandaikan dalam Bioetika.

Sebagai etika rasional, bioetika bertitik tolak dari analisis tentang data-data ilmiah, biologis, dan medis. Keabsahan campur tangan manusia dikaji. Nilai transendental manusia disoroti dalam kaitan dengan Sang Pencipta sebagai nilai mutlak. Terkadang, istilah bioetika digunakan untuk mengganti sebutan etika medis yang mencakup masalah-masalah etis tentang ilmu-ilmu biologis seperti penyelidikan tentang hewan, serta usaha-usaha untuk memanipulasi spesies-spesies bentukan genetik non manusiawi. Acap kali, penggunaan istilah bioetika dan etika medis saling dipertukarkan.

Sejak diabadikan pada tahun 1971, istilah ini mendunia dan digunakan di beberapa kawasan seperti Universitas Georgetown Washington di Amerika Serikat. Pada tahun 1973, bioetika dianggap sebagai cabang ilmu baru. Pada tahun 1978, terbit ensiklopedi bioetika pertama (*Encyclopedia of Bioethics*) yang terdiri dari empat volume setebal 1.800 halaman dengan 315 artikel tentang masalah-masalah etika dan sosial dalam bidang hidup, obat, dan kesehatan. Hanya dalam jangka waktu sepuluh tahun, telah berdiri sekitar 15 pusat atau lembaga bioetika di Amerika Serikat dan Kanada. Sedangkan di Eropa Barat, telah muncul sejumlah lembaga riset dan institut bioetika seperti *Instituto de Bioetica* (Ibio) di Barcelona dan *Centre des Etudes Bioethiques* di Universitas Katolik Lounvain, Belgia (1983). Tampak bahwa kesadaran akan pentingnya peran bioetika dalam hidup manusia kian meningkat. Pertanggung jawaban atas hidup, kesehatan, penyakit dan ajal manusia perlu disosialisasikan sejak dini, seperti melalui segmen hidup, pendidikan formal, karya maupun pelayanan. Menghargai dan merawat hidup masih belum sungguh-sungguh diperhatikan oleh kebanyakan anggota masyarakat. (Chang, William, 2009)

Sebenarnya makna asli bioetika merujuk pada studi sistematis atas perilaku dalam ilmu-ilmu tentang hidup dan kesehatan, sejauh perilaku ini diuji dalam cahaya nilai-nilai dan prinsip-prinsip moral. Sementara itu, Callahan melukiskan bioetika sebagai sebuah disiplin baru yang bertanggung jawab atas tugas pengolahan sebuah metodologi yang membantu para pakar medis dan mereka yang terjun dalam bidang ilmu pengetahuan untuk mengambil keputusan-keputusan yang baik dan benar dari tinjauan sosiologis, psikologis dan sejarah. Sedangkan Varga menekankan tugas bioetika untuk mempelajari moralitas tentang perilaku manusia dalam bidang ilmu pengetahuan tentang hidup. Ini mencakup etika medis, namun dari sisi lain melampaui masalah-masalah moral klasik dalam bidang pengobatan dan masalah-masalah etis tentang ilmu biologi.

PERKEMBANGAN BIOETIKA

Perkembangan Dalam Biologi Molekuler diiringi Dengan Perkembangan Bioetika

Pada tahun 1953, Watson dan Crick memenangkan hadiah Nobel bidang biokimia, atas keberhasilan penelitian mereka dalam menyingkap struktur molekul dari DNA (Desoxyribo Nucleic Acid), yaitu suatu materi genetik yang bertanggung jawab dalam pemindahan sifat dari induk ke keturunannya. Temuan struktur kimia molekul DNA tersebut merupakan tonggak sejarah yang sangat penting dalam perkembangan ilmu biologi yang kemudian mengantarkan ilmu biologi ke arah molekuler.

Struktur kimia DNA terdiri atas dua untai asam nukleat yang komplementer, membentuk struktur terpilin, dikenal sebagai struktur alfa-double helix. Di dalam struktur DNA itulah terdapat gen, yaitu segmen tertentu dari untai DNA, yang mempunyai fungsi untuk menyandi proses-proses tertentu dalam metabolisme/aktivitas suatu makhluk hidup, baik berupa manusia, hewan, tumbuhan, mikroorganisme, maupun virus. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa DNA adalah tempat untuk menyimpan semua informasi dari makhluk hidup yang bersangkutan. Apabila makhluk hidup tersebut bereproduksi, baik melalui seksual maupun asexual, maka gen ini akan dipindahkan dari induk ke keturunannya. Dan manifestasi dari gen (simpanan informasi) pada keturunan akan memperlihatkan sifat-sifat kesamaan dengan induknya. Dengan diketahuinya struktur molekul DNA (gen), maka manusia mulai mempunyai kemampuan untuk mengontrol kerja dari DNA tersebut.

Perkembangan lebih lanjut dari biologi molekuler adalah ketika kode-kode genetik pada segmen DNA mulai dapat dibaca. Penyingkapan tentang kode-kode genetik pada DNA ini terjadi pada tahun 1965, hanya 12 tahun sejak temuan struktur DNA. Dengan temuan ini para pakar biologi molekuler telah mampu membaca kode-kode pada struktur gen, artinya para ahli telah mampu mengetahui bahwa suatu gen dengan struktur tertentu akan menyandi pro-ses tertentu pula. Smith dan Nathan (dalam Jenie, 1997) pada tahun 1970 menemukan enzim restriksi endonuklease suatu enzim yang dapat digunakan untuk memotong DNA pada tempat-tempat yang dikehendaki. Selain enzim restriksi en-donuklease, enzim ligase ditemukan pula. Ligase merupakan enzim yang mampu menyambung kembali rangkaian DNA yang telah diiris oleh endonuklease tersebut. Dengan bahasa yang lebih sederhana, manusia telah dikaruniai kemampuan untuk dapat mengiris DNA (gen), yaitu dengan ditemukannya pisau-pengiris DNA yang berupa enzim restriksi endonuklease serta dapat pula menyambung kem-bali rangkaian DNA (gen) itu dengan lem DNA yang berupa enzim ligase. Dengan temuan Smith dan Nathan diatas, maka para pakar biologi molekuler telah mampu melakukan pengirisan DNA pada segmen gen tertentu, kemudian memindahkan irisan DNA tersebut, dan disambungkan ke DNA lain dari makhluk yang lain pula inilah yang dikenal dengan teknologi genetik (genetic engineering tech-nology) , atau dikenal pula sebagai teknik rekombinasi DNA (DNA recombinant technique).

Perkembangan yang dramatis terjadi pula pada tahun 1986, ketika Karry Mullis dari Cetus Corporation menemukan teknologi PCR (Polymerase Chain Reaction = Reaksi Berantai Polimerase). Dengan menggunakan teknologi PCR, DNA (gen) dapat diperbanyak dalam jumlah jutaan kali DNA yang identik, dalam waktu yang hanya 24 jam. Perbanyak DNA ini, yang dalam bahasa biologi molekuler disebut dengan istilah amplifikasi, dapat pula diberikan dalam bahasa yang lebih sederhana, yaitu bahwa dengan tekno-logi PCR, DNA (gen) dapat dikopi menjadi jutaan kali lipat DNA (gen) yang identik.

Untuk mengawasi perkembangan di bidang molekuler ini, maka dibutuhkan Bioetika yang turut serta menjadi filter bagi penelitian-penelitian dibidang molekuler. Sehingga perkembangan dibidang biologi molekuler ini menandai perkembangan bioetika.

Perkembangan Pembahasan Tentang Bioetika

Definisi bioetika telah diberikan oleh beberapa pihak, baik oleh individu ataupun lembaga. Oxford University memberikan definisi bioetika sebagai The study of moral and social implications of techniques resulting from advances in the biological sciences. Sedangkan filosof Van Rasselar Potter memberikan definisi bioetika sebagai A new discipline which combines biological knowledge with a knowledge of human value systems, which would build a bridge between the sciences and the humanities, help humanity to survive and sustain, and improve the civilized world (Mepham, 2005). Dalam definisi Potter ini, bioetika merupakan suatu disiplin keilmuan yang baru, yang merupakan kombinasi antara pengetahuan hayati (biologi) dengan pengetahuan sistem nilai manusia.

Banyak sekali issue-issue bioetika yang mengemuka atau muncul, sehubungan dengan majunya riset dan pengembangan, serta aplikasi ilmu-ilmu hayati modern, utamanya yang berbasiskan kepada biologi molekuler (molecular biology), termasuk rekayasa genetika (genetic engineering). The 8th Global Summit on National Bioethics Advisory Bodies (Singapura 26-27 Juli 2010), menyimpulkan beberapa issue yang muncul, yang memerlukan penelaahan bioetika. Issues itu antara lain

- 1) Synthetic Biology; termasuk dalam hal ini
- 2) Microbial Bioethics;
- 3) Biobanks;
- 4) Stem Cells Research and Therapy. Sidang Joint Session of the IGBC-IBC (Paris 28 Oktober 2010) memunculkan issues tentang:
- 5) Human Cloning,
- 6) Traditional Medicine and Its Implication. "Penyembelihan sapi" yang dipertanyakan oleh pihak luar telah memunculkan pula isu tentang
- 7) Bioetika Hewan.

Dari hasil pertemuan Internasional di bidang bioetika tersebut, menunjukkan perkembangan signifikan dari pembahasan tentang bioetika di dunia internasional. Tidak sebatas hal-hal yang terkait dengan kelayakan, tetapi juga mencakup nilai-nilai dan norma-norma yang ada pada masyarakat.

Di dunia internasional ada 3 instrumen terkait dengan bioetika, yaitu:

1. Universal Declaration on Human Genome and Human Rights, UNESCO 29th General Conference 1997
2. International Declaration on Human Genetic Data (ID-HGD), UNESCO 32nd General Conference 2003
3. Universal Declaration on Bioethics and Human Rights, *UD-BHR) UNESCO 33rd General Conference 2005

Perkembangan Bioetika di Indonesia

Bioetika di Indonesia bertujuan untuk memberikan pedoman umum etika bagi pengelola dan pengguna sumber daya hayati dalam rangka menjaga keanekaragaman dan pemanfaatannya secara berkelanjutan. Pengambilan keputusan dalam meneliti, mengembangkan, dan memanfaatkan sumber daya hayati harus/wajib menghindari konflik moral dan seluas-luasnya digunakan untuk kepentingan manusia, komunitas tertentu, dan masyarakat luas, serta lingkungan hidupnya, dilakukan oleh individu, kelompok profesi, dan institusi publik atau swasta. Pemanfaatan sumber daya hayati tidak boleh menimbulkan dampak negatif terhadap harkat manusia, perlindungan, dan penghargaan hak-hak asasi manusia, serta lingkungan hidup. Penelitian, pengembangan, dan pemanfaatan sumber daya hayati harus memberikan keuntungan maksimal bagi kepentingan manusia dan makhluk hidup lainnya, serta meminimalkan kerugian yang mungkin terjadi (Muchtadi, 2007).

Berdasarkan Pasal 19 Kep. Menristek No.112 Tahun 2009, harus dibentuk suatu Komite Etik Penelitian, Pengembangan dan Pemanfaatan Sumber daya Hayati yang bersifat independen, multidisiplin dan berpandangan plural. Keanggotaan Komite Etik Penelitian, Pengembangan dan Pemanfaatan Sumber daya Hayati harus terdiri dari para ahli dari berbagai departemen dan institusi yang relevan. Tindak lanjut dan implementasi prinsip-prinsip bioetika penelitian, pengembangan, dan pemanfaatan sumber daya hayati dilakukan oleh Komite Bioetika Nasional yang dibentuk oleh pemerintah.

Perkembangan bioetika di Indonesia ditunjukkan dengan peraturan perundang-undangan yang mengatur tentang penelitian. Perundang-undangan tersebut antara lain:

4. Perubahan Keempat UUD 45 Pasal 31 ayat (5) yang menyatakan bahwa "Pemerintah memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi

dengan menjunjung tinggi nilai-nilai agama dan persatuan bangsa untuk memajukan peradaban serta kesejahteraan umat manusia”

5. Undang-undang No. 18 Tahun 2002 tentang Sistem Nasional Penelitian, Pengembangan dan Penerapan IPTEK pada pasal 22 yang mengamanatkan bahwa Pemerintah menjamin kepentingan masyarakat, bangsa, dan negara serta keseimbangan tata kehidupan manusia dengan kelestarian fungsi lingkungan hidup.
6. Undang-undang No. 7 tahun 1996 tentang Pangan, Pasal 13 yang mengantisipasi produk pangan yang dihasilkan melalui rekayasa genetika
7. Peraturan Pemerintah No. 29 tahun 2000 tentang Perlindungan Varietas Tanaman yang memberikan batasan-batasan perlindungan.
8. Keputusan Bersama Menristek, MenKes dan Mentan Tahun 2004 tentang Pembentukan Komisi Bioetika Nasional.
9. UU No. 18/2002 Tentang Sistem Nasional Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Iptek (RPP Penelitian Beresiko Tinggi)

III. EVALUASI BELAJAR

A.Rangkuman

Bioteknologi merupakan metode, teknik, dan ilmu yang membatasi perkembangan teknologi yang berkaitan dengan kesejahteraan manusia dengan ikatan moral, agama, dan lingkungan sehingga hasil-hasil dari perkembangan ilmu yang berkaitan dengan eksistensi manusia di dunia tidak bekerja sebaliknya dengan menghalangi dan merusak eksistensi kehidupan manusia. Pada perkembangannya, bioetika yang awalnya hanya berupa wacana, berkembang menjadi cara untuk mengatur batasan-batasan suatu penelitian dan perkembangan teknologi, pada masa sekarang ini telah berkembang menjadi sangat pesat dengan terbentuknya lembaga-lembaga yang turut serta mengatur bidang-bidang yang berkaitan dengan eksistensi manusia. Pada perkembangannya di Indonesia, bioetika sudah diatur dan dikendalikan oleh pemerintah dimana telah terdapat peraturan perundang-undangan yang mengatur penelitian-penelitian para ilmuwan dengan mengutamakan perlindungan nilai-nilai dan norma-norma agama, masyarakat, dan lingkungan serta biodiversitas

B.Latihan

1. Mengapa ilmu Bioetika sangat penting bagi ilmu bioteknologi ?
2. Bagaimana peranan bioetika dalam kehidupan sehari-hari?
3. Apa arti bioetika ?
4. Apa yang terjadi jika di dunia ini tidak ada bioetika ?
5. Jelaskan Perkembangan bioetika di Indonesia

C.Tugas

Buat laporan ilmiah kelompok tentang penerapan bioetika dalam kehidupan seorang ilmuwan

D. Penilaian Tugas

- 1) Tugas dibuat di blog mahasiswa
- 2) Blog di link ke web hybrid learning.
- 3) Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
- 4) Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas

VI. DAFTAR PUSTAKA

Thomas A shano. 1995. Pengantar Bioetika. ISBN:9796051753

Jusuf Hanafia. 2008. Etika kedokteran dan Hukum Kesehatan. Gramedia. Jakarta

Robert Hubrech and james Kirkwood. 2010. The UFAW Handbook on the Care and Management of Laboratory and Other Research animals.Willy-BlackWell

K. Bertens .2010. Etika. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

BAB VIII. PEMANFAATAN BIODIVERSITAS DALAM BIOTEKNOLOGI

A. Pengantar

Uraian bab ini bertujuan agar mahasiswa memiliki wawasan pemahaman tentang pemanfaatan keanekaragaman alam hayati (biodiversitas) atau makhluk hidup sebagai akibat interaksi gena-gena yang dikandungnya dengan pengaruh lingkungan, dan sebagai bagian dari tatanan lingkungan hidup agar dapat dikelola secara berkesinambungan untuk memenuhi kebutuhan hidup dari generasi ke generasi, serta mengenal dasar-dasar klasifikasinya tingkatan keragaman dari tingkat gen, spesies, populasi, dan ekosistem. Biodiversitas sebagian telah dimanfaatkan, sebagian baru diketahui potensinya, dan sebagian lagi belum dikenal. Pada dasarnya keanekaragaman hayati dapat memulihkan diri, namun kemampuan ini bukan tidak terbatas. Karena itu, diperlukan pengellolaa yang baik serta pemanfaatan yang terarah sebagai modal pembangunan terutama dalam dunia kedokteran, pertanian, pangan dan bioenergi.

B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam mengetahui dan memahami tentang pemanfaatan biodiversitas dalam penerapan pada bidang bioteknologi serta pengelompokan biodiversitas tersebut.

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Menjelaskan pengertian biodiversitas
2. Menjelaskan Pengelompokan biodiversitas pada tingkat gen, spesies dan ekosistem
3. Menjelaskan pemanfaatan biodiversitas yang ramah lingkungan
4. Pemanfaatan biodiversitas dalam menghasilkan produk bioteknologi

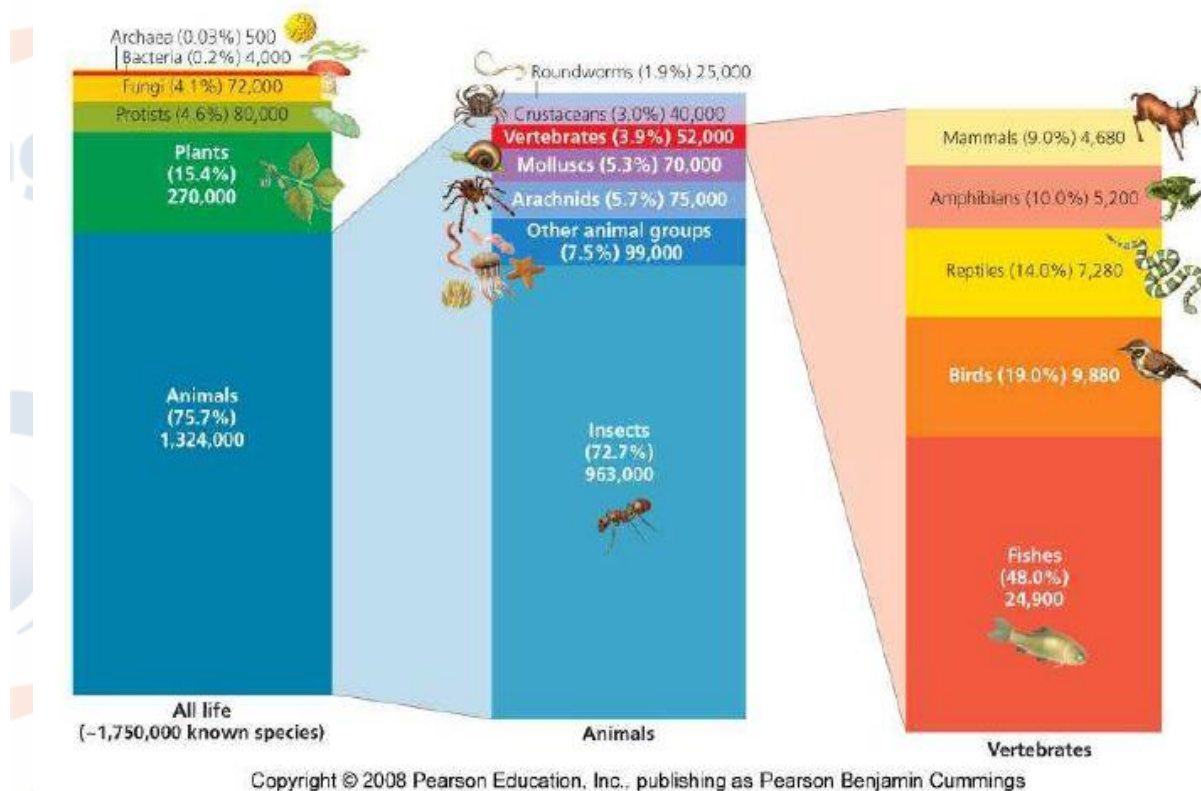
D. Kegiatan Pembelajaran

Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen dan diskusi

E. Materi

Pengertian Biodiversitas dan Potensi Pengembangannya

Biodiversitas adalah keseluruhan gen, spesies dan ekosisten di suatu kawasan (“totality of genes, species and ecosystems in a region”) (Behera dan Das 2008). **Biodiversitas** merupakan Keanekaragaman makhluk hidup dan kehidupan dengan berbagai variasi gen, bentuk, fisiologis, perilaku, hingga variasi interaksi diantara makhluk dengan makhluk hidup lainnya dan dengan lingkungannya yang membentuk berbagai ekosistem dan landscape. Bidang kajian yang sangat menarik karena memiliki banyak aspek pembahasan, dimana jumlah makhluk hidup yang ada di bumi dapat dikelompokkan secara bertingkat (Gambar 1). Dalam diskusi biodiversitas dunia, Indonesia adalah negara yang tidak dapat ditinggalkan. Indonesia sangat kaya biodiversitas, baik di daratan maupun di lautan. Selama ini, diskusi mengenai kekayaan biodiversitas umumnya hanya didasarkan pada spesies daratan, namun dengan semakin banyaknya penelitian maritim, maka biodiversitas di lautan juga mulai terungkap. Hal ini berdampak pada ranking Indonesia sebagai negara utama biodiversitas, karena negeri ini adalah negara kepulauan terbesar di dunia (Schroeder 2011)



Gambar 1. Pengelompokan Makhluk hidup berdasarkan kelompok yang dominan

Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dalam pengelolaan sumber daya alam hayati untuk kesejahteraan hidup bangsanya, baik golongan tumbuhan maupun hewan. Keanekaragaman hayati adalah tergolong sumber daya alam (SDA) yang dapat diperbarui, karena dapat dikembangbiakan, baik secara seksual (generatif), aseksual (vegetatif), maupun secara paraseksual (perkawinan sel vegetatif untuk menghasilkan sel poliploidi atau melalui upaya rekayasa genetika). Namun demikian, SDA hayati dapat saja semakin sedikit dan akhirnya menjadi punah, apabila pengelolaannya tidak memperhatikan pelestariannya sebagaimana makhluk hidup purba yang mengalami nasib kepunahan. Kepunahan atau bersifat langka seperti badak bercula satu (di Ujung Kulon, Jawa), burung jalak Bali, burung maleo, burung cenderawasih, burung srigunting, burung gagak, biayak komodo, anoa, kayu kamper, pohon matoa (tanaman khas Jawa barat), tanaman duwet (buah jambang), padi madiun, padi bengawan, padi ketan hitam, kedelai hitam, dll. Kekayaan SDA hayati Indonesia belum banyak dinikmati oleh bangsa Indonesia sendiri, karena masih sangat banyak yang belum diketahui kemanfaatannya, bahkan temuan temuan hak paten dalam pengelolaannya banyak dimiliki oleh orang asing dibandingkan oleh bangsa Indonesia sendiri.

Sebenarnya dari segi kekayaan alam tumbuhan saja, Indonesia berpeluang sangat banyak dalam mengembangkan potensinya, seperti berfungsi sebagai sumber tanaman produksi (sandang, pangan, papan/perumahan), tanaman hias (taman rumah dan taman kota), tanaman obat, tanaman pelindung (pagar hidup untuk halaman rumah, pembatas tanah, dan pembatas jalan), serta tanaman pengendali pencemaran lingkungan baik sebagai penyejuk udara sekitarnya maupun pengisap zat-zat berbahaya bagi kehidupan manusia dan hewan. Bahkan beberapa jenis tanaman memiliki fungsi ganda, baik sebagai tanaman hias, tanaman obat, juga tanaman penyejuk, dan fungsi lainnya. Secara umum, bagian-bagian tumbuhan memiliki fungsi yang sangat penting bagi lingkungan hidup dari mulai akarnya, batangnya, sampai kepada daunnya. Akarnya dapat berfungsi mencegah longsor tanah (orologis), penyerap air hujan menjadi air tanah (hidrologis), dan banyak yang berpotensi untuk bahan obat-obatan. Batangnya berfungsi tempat tinggalnya berbagai jenis satwa dan tanaman lainnya (ekologis) seperti burung, ular, serangga, dan berbagai jenis tumbuhan memanjat maupun tumbuhan parasit, serta sumber plasma nutfah (bank gen). Daun-daun tanaman dapat berfotosintesis memiliki fungsi ekologis, seperti: menyediakan udara segar, mengurangi pencemaran udara, bahan

pembentuk ozon di atmosfer, pencegah terjadinya pemanasan global, dan menahan derasnya air hujan jatuh ketanah, serta daun-daunnya yang gugur sebagai bahan pembentuk humus tanah. Bunganya menghasilkan madu, buah yang bisa dijadikan makanan atau pun obat-obatan.

Keadaan suatu ekosistem, habitat atau tempat tinggal makhluk hidup sangat mempengaruhi adaptasi makhluk hidup, sehingga sekalipun jenis sama (satu spesies) sering ditemukan struktur tubuhnya berbeda. Misalnya, menurut sistem klasifikasi filogeni bahwa antara tumbuhan ki urat yang nama ilmiahnya *Plantago mayor* dengan *Plantago lanceolatus* sebenarnya masih satu spesies, karena secara genetik memiliki struktur genotip yang sama, dan berbeda akibat habitatnya yang berbeda (daerah ketinggian yang berbeda). Hal ini, karena bentuk atau struktur tubuh berkaitan dengan fungsinya yang berguna menunjang proses hidupnya. Hukum alamnya adalah bahwa organ tubuh yang tidak memiliki fungsi akan mengalami penyusutan (rudimenter), dan sebaliknya organ tubuh yang selalu difungsikan akan berkembang baik. Organ tubuh yang mengalami rudimenter lama kelamaan menjadi hilang, seperti kaki pada ular yang digantikan fungsinya oleh sisik-sisik, atau daun-daunan pada kaktus menjadi berguguran masih muda sehingga tidak berdaun lagi akibat fungsinya diambil alih oleh batangnya yang berklorofil.

Sehubungan dengan potensi Sumber Daya Alam Hayati (SDAH) yang belum banyak tergali dan dimanfaatkan sebaik mungkin oleh bangsa Indonesia, maka upaya pengelolaannya harus memperhatikan faktor pengawetan dan pelestariannya sehingga keberadaannya dapat dinikmati secara turun-temurun. Prinsip-prinsip pengawetan dan pelestiraian SDAH adalah menggunakan aspek-aspek sebagai berikut:

- a. **Benefisiasi** (Kemanfaatan), usaha meningkatkan SDAH yang semula tidak ekonomis agar menjadi ekonomis. Misalnya, limbah kepala udang yang semula dibuang diolah menjadi produk terasi atau makanan ternak.
- b. **Optimalisasi**, usaha mencapai manfaat yang setinggi-tingginya dengan mencegah terbuangnya bahan secara percuma. Misalnya, membiasakan hidup dengan pola makan yang tidak berlebihan, tetapi menggunakan perencanaan yang matang pas dalam mengatur menu seimbang gizi lengkap atau hidup hemat yang sehat.

- c. **Alokasi**, setiap usaha selalu menggunakan skala prioritas dalam perencanaan pengelolaan SDAH. Misalnya, menghindari hidup dengan gaya konsumtif, tetapi membiasakan dengan pola hidup produktif dalam menghidupi keluarganya.
- d. **Reklamasi**, usaha mengolah dan mengelola kembali daerah pertanian atau lainnya yang telah rusak menjadi bermanfaat kembali. Misalnya, mengolah kembali lahan tidur dengan penghijauan atau tanaman produksi.
- e. **Substitusi**, usaha mengganti SDAH yang langka dengan lainnya dalam pemanfaatannya yang memenuhi syarat. Misalnya, membiasakan makan jagung sebagai pengganti beras, karena jagung mudah ditanam di musim kemarau.
- f. **Restorasi**, usaha mengembalikan fungsi dan lingkungan yang rusak hingga bermanfaat kembali untuk perlindungan alam. Misalnya, mengadakan penghijauan kembali di kota mencegah terjadi pemanasan global atau penghijauan sepanjang DAS (Daerah Aliran Sungai) sehingga menjamin sumber tata air lingkungan dan mencegah erosi.
- g. **Integrasi**, usaha pemanfaatan SDA secara terpadu agar saling menguntungkan dan tidak menimbulkan masalah lingkungan. Misalnya, pembuatan bendungan untuk PLTA agar dapat dimanfaatkan juga untuk sarana perairan, perikanan, pariwisata, dan lainnya.
- h. **Preservasi**, usaha melestarikan SDAH sesuai dengan hukum alam yang berlaku agar keberadaannya di bumi bersifat abadi, apalagi banyak yang belum tergal. Untuk itu setiap daerah memiliki simbol tanaman dan hewan yang bersifat khas. Misalnya, di Indramayu dengan tanaman mangga arumanis, Garut dengan jeruknya, dan Yogyakarta dengan salak pondohnya

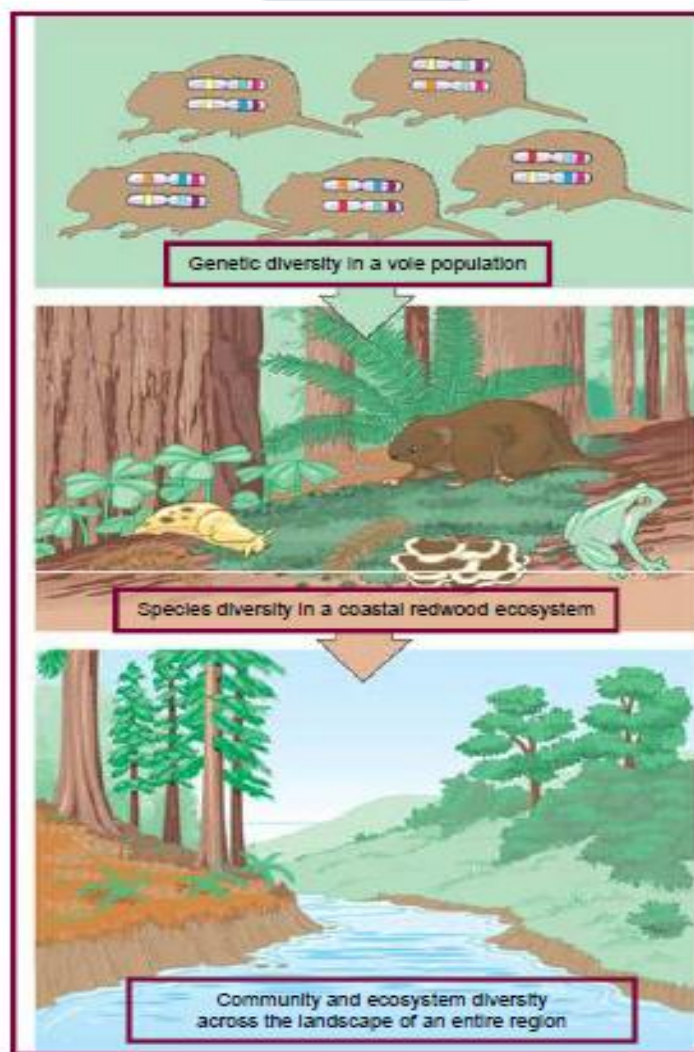
Tingkat Biodiversitas

Keanekaragaman hayati dapat terjadi pada tingkat genetik, tingkat spesies, dan tingkat ekosistem yang dijumpai di permukaan bumi (Gambar 2).

1. Keanekaragaman Hayati Tingkat Gen

Keanekaragaman tingkat gen disebut pula keanekaragaman genotip, yaitu tingkat variasi pada organisme sejenis sebagai akibat interaksi antar gena-gena di dalam genotipnya dengan lingkungan sehingga memunculkan fenomena yang

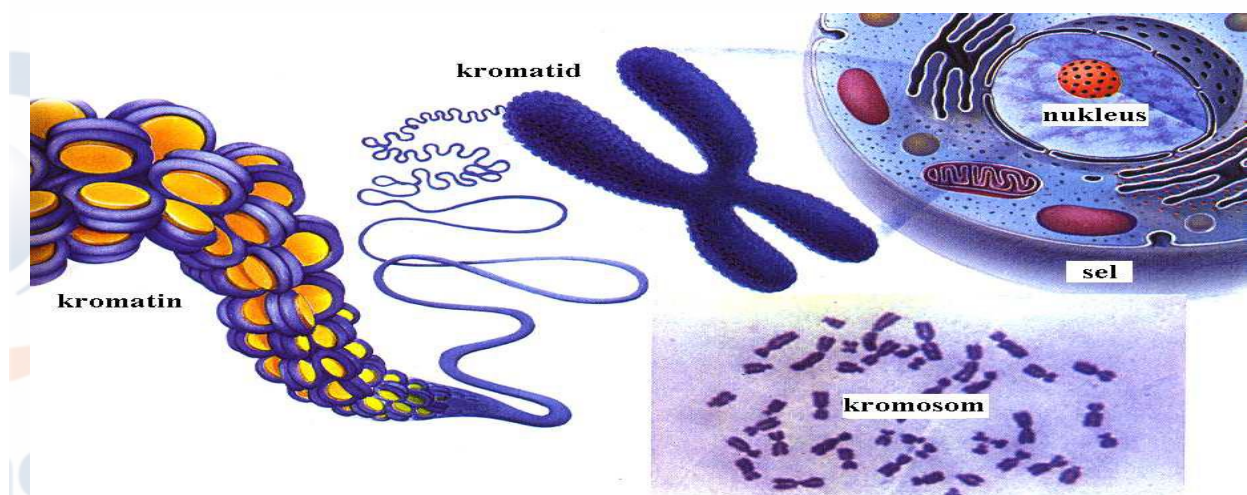
berbeda sekalipun gena-genanya sama. Hal ini terjadi sebagai akibat sifat gena-gena ada yang dominan dan ada yang resesif. Itulah sebabnya, sekalipun gena-gena di dalam genotipnya sama dalam satu keluarga terdapat anggota keluarga yang memiliki ciri atau sifat penampilan yang berbeda dengan anggota lainnya dalam keluarga itu. Penampakan sifat genotif berinteraksi dengan lingkungannya disebut fenotif. Dengan begitu, akibat adanya sifat dominansi dan resesif gena-gena dalam genotip induk organisme itu, suatu induk akan menghasilkan fenotip yang berbeda pada keturunannya. Keanekaragaman genotip disebut juga plasma nutfah. Individu yang masih alami atau belum termutasi oleh manusia, memiliki kekayaan plasma nutfah yang berharga, karena gena-genanya masih bisa direkayasa lebih lanjut. Keanekaragaman hayati dalam bentuk hutan seisinya merupakan sumber plasma nutfah untuk kesejahteraan hidup manusia di masa kini dan masa datang, sehingga keberadaan hutan di tiap wilayah semestinya dipelihara dan dilestarikan



Gambar 2. Biodiversitas tingkat genetik, spesies dan ekosistem

Keanekaragaman tingkat gen dapat kita pelajari pada pola-pola bentuk daun pada tumbuhan. Pada tumbuhan Dahlia memiliki bentuk daun yang berbeda-beda antara daun semasa kecambah, semasa muda, dan semasa dewasanya atau semasa akan menghasilkan bunga. Pada bagian-bagian bunga, sekalipun memiliki genotip sama pada kelopak, mahkota, benang sari, dan putiknya, kesemuanya memiliki bentuk yang berbeda-beda. Daun yang berada di bawah permukaan air memiliki bentuk serupa akar, tetapi daun yang berada di atas permukaan air memiliki bentuk yang lebih lebar. Hal ini berarti faktor lingkungan mempengaruhi penampakan sifat genotip yang sama pada suatu bagian organisme sejenis di tempat tertentu.

Pada organisme bersel satu seperti bakteri (kokus, basil, vibrio, dan spirillum) mengandung kurang lebih 1.000 gen, apalagi organisme multiseluler memiliki lebih banyak lagi variasi gena-genanya. Satu gena merupakan satu penggal benang DNA dalam ukuran tertentu, dan benang DNA yang amat panjang dapat dikemas menjadi butir-butir kromatin, lalu menjadi nukleosom dan akhirnya terbentuk benang kromosom. Sel semasa interfase, kromosom tidak dapat dilihat dengan mikroskop biasa dan hanya bisa dilihat dengan mikroskop elektron, karena terurai menjadi benang-benang DNA. Dewasa ini pemanfaatan DNA mikroba untuk dicangkokkan kepada tanaman budidaya agar menghasilkan sesuatu zat yang meningkatkan mutu gizi dari produksi tanaman melalui rekayasa genetika adalah banyak dilakukan untuk menciptakan bibit-bibit unggul. Berdasarkan keanekaragaman hayati tingkat gen ini, Indonesia memiliki bank gen atau sumber plasma nutfah yang sangat banyak untuk kesejahteraan hidup manusia. Coba pelajari kembali tentang uraian tentang struktur kromosom di bawah ini



Gambar 3. Kromosom/kromatid terurai menjadi benang kromatin

2. Keanekaragaman Tingkat Spesies

Variasi pada keanekaragaman tingkat gen adalah bukan disebabkan oleh keanekaragaman gen, melainkan perbedaan pengaruh interaksi antar gena-gena pada genotip dengan lingkungan yang berbeda. Tetapi keanekaragaman tingkat jenis merupakan variasi yang terjadi pada tingkat individu sebagai akibat pengaruh keanekaragaman gena-gena yang membentuk genotip individu-individu itu. Keanekaragaman tingkat jenis, contohnya variasi pada jenis kelapa (*Cocos nucifera*), yaitu ada kelapa gading, kelapa kopyor, dan kelapa hijau adalah berbeda varietasnya, tetapi sama jenisnya. Individu yang satu dengan individu yang lainnya memiliki persamaan dan perbedaan. Makin banyak persamaannya atau makin sedikit perbedaannya, makin dekat kekerabatannya, dan sebaliknya. Untuk melihat jauh dekatnya kekerabatan suatu organisme satu dengan organisme lainnya, para ahli membuat sistem pengelompokan-pengelompokan atau klasifikasi yang disebut tingkatan takson. Ilmu yang khusus mempelajari pengelompokan atau klasifikasi organisme ini disebut Taksonomi.

Pembagian kelompok takson dari kelompok besar sampai ke kelompok yang lebih khusus atau tingkat jenis, secara garis besar dan berurutan ditulis sbb.:

Kindom - Divisi – Kelas – Bangsa – Suku – Marga - Jenis

Setiap takson diberi nama ilmiah tertentu. Sistem penamaan takson untuk klasifikasi tumbuhan lebih teratur daripada klasifikasi hewan, karena setiap nama golongannya memiliki akhiran tertentu sebagaimana disebutkan pada bagan di bawah ini. Perbedaan nama ilmiah untuk setiap takson adalah didasarkan kepada banyak sedikitnya karakter persamaan dan perbedaan dalam identifikasi dan deskripsi dari organisme itu. Karakter organisme mencakup warna, bentuk, tekstur, alat reproduksi, dan ciri lainnya. Untuk keseragaman nama ilmiah adalah menggunakan bahasa Latin atau Greek (Yunani Kuno) yang di-Latin-kan. Untuk nama ilmiah (terminologi) dalam suatu takson mengandung makna/arti yang berkaitan dengan tanda-tanda khasnya (ciri morfologi, kandungan zat, asal geografi, sifat hidup, habitus, umur, dan sebagainya). Untuk jelasnya, coba perhatikan contoh-contoh di bawah ini.

- Gabungan jumlah spesies (kekayaan; *richness*) dan jumlah individu di dalam spesies (kemelimpahan; *abundance*). Spesies adalah kelompok organisme yang dapat melakukan fertilisasi secara bebas, memiliki kesamaan ukuran

dan struktur, dinamika populasi dan siklus reproduksi, pola perilaku, dan taksonomi

Contoh: Klasifikasi kentang dan leunca adalah berbeda pada tingkat jenis sbb.:

Divisi : **Spermatophyta** (Tumbuhan berbiji; *sperma*=biji)

Subdivisi : **Angiospermae** (Tumbuhan berbiji tertutup)

Kelas : **Dicotyledonae** (Tumbuhan Berbiji keping lembaga dua = *di*)

Bangsa : **Solanales** (Tumbuhan mengandung zat solanin)

Suku : **Solanaceae** (Tumbuhan mengandung zat solanin)

Marga : **Solanum** (Tumbuhan mengandung zat solanin)

Jenis : *Solanum tuberosum* (Solanum yang memiliki umbi

batang/tuber), *Solanum nigrum* (Solanum yang berbuah warna hitam/nigro/niger).

Contoh Klasifikasi kucing dan harimau adalah berbeda pada tingkat jenis sbb.:

Filum : **Chordata** (Hewan yang embrionya memiliki tali saraf/*chord*)

Subfilum : **Vertebrata** (Hewan bertulang belakang = *vertebrae*)

Kelas : **Mammalia** (Hewan bertulang belakang memiliki kelenjar susu/*mammæ*)

Bangsa : **Carnivora** (Hewan pemakan daging)

Suku : **Felidae** (Keluarga kucing-kucingan)

Marga : **Felis** (Hewan kucing)

Jenis : *Felis maniculata* (kucing rumah), *Felis tigris* (kucing hutan/harimau/macam), *Felis leo* (singa).



Gambar 4. Keragaman tingkat spesies

3. Keanekaragaman Tingkat Ekosistem

Istilah Ekosistem berasal dari bahasa Greek, yaitu Ecosistem (*oikos*= rumah tangga, *sistema*= keseluruhan bagian-bagian sebagai satu kesatuan). Ekosistem

berarti satu kesatuan yang ada dalam rumah tangganya, yaitu satu kesatuan antara semua makhluk hidup dengan lingkungan abiotiknya. Seringkali faktor abiotik menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Faktor pembatas dapat berupa perbedaan iklim, bentang alam yang luas, keadaan air tanah dan mineral yang mempengaruhi pertumbuhan organisme. Oleh karena setiap jenis makhluk hidup memiliki daya toleransi, adaptasi, dan suksesi yang berbeda-beda terhadap lingkungan yang berbeda-beda, menyebabkan di dunia terjadi keanekaragaman ekosistem maupun bioma. Puncak gunung bersalju dan daerah kutub memiliki jenis vegetasi yang sama, juga di daerah pegunungan dan ketinggian antara 1.000 - 1.500 m di atas permukaan laut ditemukan hutan pinus (berdaun jarum) yang subur, dan seterusnya

Akibat perputaran bola dunia pada porosnya menyebabkan pembagian iklim, siang dan malam, arah angin, dan kondisi air di tiap bagian dunia adalah berbeda-beda. Iklim adalah menunjukkan pukul rata tentang keadaan suhu, sinar matahari, cuaca, curah hujan, tekanan udara dan kelembaban udara di suatu daerah. Pengaruh iklim terhadap bentang alam menyebabkan terbentuknya berbagai Bioma seperti: Gurun, Kutub, Tundra, Savana, Stepa, Hutan Berdaun Jarum (Pinus), Hutan Tropis, dan Hutan Berdaun Gugur (Gambar 5). Kondisi seperti itu berdampak ada daerah yang berpenghuni dan daerah tidak berpenghuni, baik dihuni oleh jenis tumbuhan, hewan maupun manusia. Ekosistem hutan merupakan habitat hewan-hewan liar, sehingga rusaknya hutan berakibat terganggunya kehidupan hewan – hewan tersebut, bahkan mungkin kehilangan habitat mereka. Kehidupan hewan-hewan yang tidak sesuai dengan habitatnya dapat berakibat semakin merana, bahkan mungkin menyebabkan kematian dan punahnya suatu hewan. Ekosistem hutan memiliki fungsi ekologis bagi kehidupan hewan, yaitu untuk berlangsungnya rantai makanan dan jaring-jaring kehidupan bagi mereka, serta menjamin berlangsungnya daur ulang materi dan aliran energi bagi kehidupan di bumi. Dengan demikian akibat rusaknya berbagai ekosistem menyebabkan punahnya beberapa jenis spesies. Sekali jenis makhluk hidup itu punah, jangan harap ia dapat muncul kembali di dunia ini. Hutan yang berfungsi untuk melindungi kehidupan hewan-hewan disebut Hutan Suaka Margasatwa. Di sinilah pentingnya memelihara kelestiaan suatu ekosistem dan adanya distribusi tumbuhan dan hewan yang berbeda-beda pada setiap jenis Ekosistem maupun Bioma.



Gambar 5. Biodiversitas ekosistem

Adapun untuk mengelola dasar keanekaragaman hayati yang menjamin kelestarian lingkungan hidup dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Budidaya /Pemuliaan SDA Hayati dalam bidang: Pertanian, Perkebunan, dll. dengan memperhatikan aspek-aspek: benefisiasi, optimalisasi, alokasi, reklamasi, substitusi, restorasi, integrasi, dan preservasi sebagaimana diuraikan di atas.

2. Pelestarian SDA Hayati , mencakup upaya:

- a) In Situ, yaitu melestarikan SDA Hayati pada habitat aslinya (alamnya) dengan cara menetapkan kawasan tersebut sebagai Cagar Alam Nasional.
- b) Ex Situ, yaitu melestarikan SDA Hayati di luar habitat aslinya, seperti membuat Kebun Raya untuk menanam berbagai jenis tumbuhan yang memiliki potensi besar bagi kehidupan manusia.

Manfaat Umum Biodiversitas

Biodiversitas memiliki banyak banyak manfaat baik yang berwujud maupun yang tidak berwujud, yaitu: (i) Jasa ekosistem, seperti: air minum yang bersih, pembentukan dan perlindungan tanah, penyimpanan dan daur hara, mengurangi dan menerap polusi, berkontribusi terhadap stabilitas iklim, pemeliharaan ekosistem, dan penyerbukan tanaman. (ii) Sumber daya hayati, seperti: makanan, obatobatan,

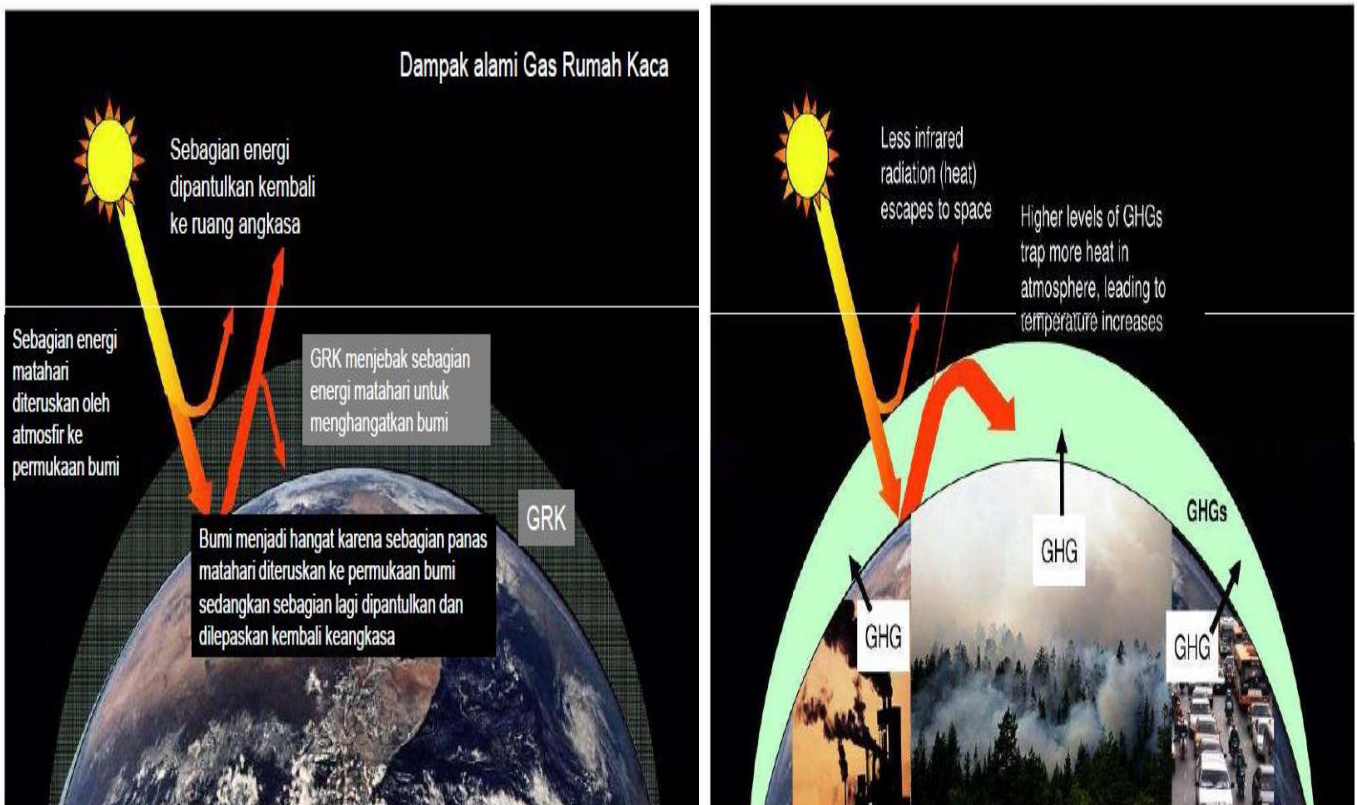
bahan baku industri, tanaman hias, stok untuk pemuliaan dan penyimpanan populasi. (iii) Manfaat sosial, seperti: pendidikan, rekreasi dan penelitian, serta budaya Biodiversitas telah memberi berbagai bahan pangan untuk kehidupan umat manusia, namun keberlanjutannya terancam (FAO 2013)

Potensi Pengembangan Biodiveristas Dalam Bioteknologi

- Pengembangan Dalam Bidang Farmasi
- Pengembangan Enzim dan Biomolekul
- Pengembangan Biopestisida
- Peningkatan kualitas dan Produksi tanaman
- Pembuatan bibit unggul dalam teknik rekayasa genetika

Krisis Biodiversitas

- ✓ Kebakaran Hutan
- ✓ Pembabakan liar
- ✓ Perburuan Hewan
- ✓ Pembukaan lahan menjadi pemukiman
- ✓ Pemanasan Global dan Perubahan Iklim
- ✓ Peningkatan populasi manusia



Gambar 6. Pemanasan global yang berdampak pada krisis biodiversitas

F. Evaluasi Belajar

a. Rangkuman

Biodiversitas Indonesia memiliki beragam sumber genetik, spesies dan ekosistem yang berpotensi dikembangkan sebagai bahan obat-obatan, pangan dan bioenergi. Beberapa jenis hewan kini menjadi sumber pangan lokal Indonesia, misalnya sapi Bali (banteng), ayam kampung dan beberapa jenis unggas lainnya. Indonesia juga memiliki beragam tumbuhan lokal yang berpotensi sebagai suplemen atau komplemen beras, yang merupakan makanan pokok utama rakyat Indonesia. Konsep diversifikasi terhadap ketergantungan beras dapat dimulai dengan mengenalkan dan menghapus pandangan nilai-nilai lama yang menempatkan palawija sebagai pangan masyarakat kelas bawah dan dengan mengangkat kembali potensi-potensi pangan yang dimiliki oleh masing-masing daerah

b. Latihan dan Tugas

1. Jelaskan tentang pengertian Biodiversitas
2. Jelaskan pembagian biodiversitas berdasarkan tingkat genetik, spesies dan ekosistem
3. Jelaskan prinsip – prinsip pelestarian biodiversitas
4. Jelaskan Krisis biodiversitas yang terjadi di Indonesia

c. Penilaian Tugas

Tugas dibuat di blog mahasiswa

- Blog di link ke web hybrid learning
- Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
- Tugas diselesaikan sebelum batas akhir pengumpulan tugas

5. Daftar Pustaka

Brooker, R., Holland, J., Begg, G. and Zadoks, R. 2013. Biodiversity, Ecosystem Services and Sustaining Food Production.

FAO. 2013. Genetic resources for food and agriculture. <http://www.fao.org/nr/cgrfa/en/>

Primrose, S.B. (1987). Modern Biotechnology. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Peter Chen (1997). *Microorganisms & Biotechnology*. London: John Murray Ltd.

Cahyanto SS, Bonifasius SP, Muktaman A. 2012. Penguatan kearifan lokal sebagai solusi permasalahan ketahanan pangan nasional. *Prosiding the 4th International Conference on Indonesian Studies: Unity, Diversity, dan Future*. Bali, 9-10 Februari 2012. Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya, Universitas Indonesia, Depok.

Nurchayyo H. 2011. *Diktat Bioteknologi*. Jurusan Pendidikan Biologi. Universitas Negeri Yogyakarta



BAB IX. BIOINFORMATIKA DALAM BIOTEKNOLOGI

I. Pengantar

Uraian Bab ini membahas pengantar bioinformatika yang meliputi peranan informasi sekuens DNA dan protein dalam memahami proses biologi, sumber daya (basis data) dan aplikasi-aplikasi yang digunakan secara luas di bidang bioinformatika, algoritme-algoritme yang digunakan untuk memecahkan permasalahan di bidang bioinformatika, khususnya yang terkait dengan sekuens DNA dan protein, seperti persoalan sequence alignment beserta struktur datanya, algoritme untuk phylogenetic tree, dan pengenalan penerapan machine learning pada bioinformatika. Setelah menyelesaikan mata kuliah ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami dan mampu menerapkan algoritme bioinformatika serta membuat aplikasinya untuk memecahkan permasalahan dalam bidang bioinformatika, khususnya yang terkait dengan analisis sekuen DNA dan protein.

A. Kompetensi Dasar

Mahasiswa dapat mengetahui istilah bioinformatika dan manfaat bioinformatika dalam bidang bioteknologi

B. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

- Dapat menguraikan pengertian bioinformatika
- Mengetahui perkembangan bioinformatika dalam dunia sains.

C. Kegiatan Pembelajaran

- Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen, diskusi dan presentasi kelompok
- Mahasiswa memahami penjelasan dosen selama 30 menit dan selanjutnya diajukan masalah ke setiap kelompok untuk didiskusikan dan setiap kelompok presentasi di depan kelas

II. MATERI

1.1. Pengertian Bioinformatika

Bioinformatika didefinisikan sebagai cabang komputasi dari biologi molekuler yang merupakan teknologi pengumpulan, penyimpanan, analisa, interpretasi, penyebaran, dan aplikasi dari informasi biologi. Bioinformatika menggunakan program komputer maupun website untuk analisa data biologi dan penyimpanan sejumlah data biologiyang dihasilkan oleh proyek genom. Bioinformatika banyak berhubungan dengan sekuen nukleotida termasuk desain primer, struktur, fungsi, perbandingan seluruh genom dan gen, struktur tiga dimensi protein, dan manajemen data Melalui bioinformatik kita juga dapat melakukan berbagai desain eksperimen untuk mengetahui penyakit manusia dan pembuatan peta genom.

Bioinformatika "klasik"

Sebagian besar ahli Biologi mengistilahkan 'mereka sedang melakukan Bioinformatika' ketika mereka sedang menggunakan komputer untuk menyimpan, melihat atau mengambil data, menganalisa atau memprediksi komposisi atau struktur dari biomolekul. Ketika kemampuan komputer menjadi semakin tinggi maka proses yang dilakukan dalam bioinformatika dapat ditambah dengan melakukan simulasi. Bagian yang termasuk dalam biomolekul diantaranya adalah materi genetik dari manusia --asam nukleat-- dan produk dari gen manusia, yaitu protein. Hal-hal diataslah yang merupakan bahasan utama dari Bioinformatika "klasik", terutama berurusan dengan analisis sekuen (sequence analysis).

Definisi Bioinformatika menurut Fredj Tekaia dari Institut Pasteur adalah: "metode matematika, statistik dan komputasi yang bertujuan untuk menyelesaikan masalah-masalah biologi dengan menggunakan sekuen DNA dan asam amino dan informasi-informasi yang terkait dengannya." Dari sudut pandang Matematika, sebagian besar molekul biologi mempunyai sifat yang menarik, yaitu molekul-molekul tersebut adalah polymer; rantai-rantai yang tersusun rapi dari modul-modul molekul yang lebih sederhana, yang disebut monomer. Monomer dapat dianalogikan sebagai bagian dari bangunan, dimana meskipun bagian bagian tersebut berbeda warna dan bentuk, namun semua memiliki ketebalan yang sama dan cara yang sama untuk dihubungkan antara yang satu dengan yang lain.

Monomer yang dapat dikombinasi dalam satu rantai ada dalam satu kelas umum yang sama, namun tiap jenis monomer dalam kelas tersebut mempunyai karakteristik masing-masing yang terdefinisi dengan baik. Beberapa molekul-molekul monomer dapat digabungkan bersama membentuk sebuah entitas yang berukuran lebih besar, yang disebut macromolecule. Macromolecule dapat mempunyai informasi isi tertentu yang menarik dan sifat-sifat kimia tertentu.

Bioinformatika "baru"

Salah satu pencapaian besar dalam metode Bioinformatika adalah selesainya proyek pemetaan genom manusia (Human Genome Project). Selesainya proyek raksasa tersebut menyebabkan bentuk dan prioritas dari riset dan penerapan Bioinformatika berubah. Secara umum dapat dikatakan bahwa proyek tersebut membawa perubahan besar pada sistem hidup kita, sehingga sering disebutkan -- terutama oleh ahli biologi bahwa kita saat ini berada di masa pascagenom. Selesainya proyek pemetaan genom manusia ini membawa beberapa perubahan bagi bioinformatika diantaranya: Setelah memiliki beberapa genom yang utuh maka kita dapat mencari perbedaan dan persamaan di antara gen-gen dari spesies yang berbeda. Dari studi perbandingan antara gen-gen tersebut dapat ditarik kesimpulan tertentu mengenai spesies-spesies dan secara umum mengenai evolusi. Jenis cabang ilmu ini sering disebut sebagai perbandingan genom (comparative genomics).

Sekarang ada teknologi yang didisain untuk mengukur jumlah relatif dari kopi/cetakan sebuah pesan genetik (level dari ekspresi genetik) pada beberapa tingkatan yang berbeda pada perkembangan atau penyakit atau pada jaringan yang berbeda. Teknologi tersebut, contohnya seperti DNA microarrays akan semakin penting. Akibat yang lain, secara langsung, adalah cara dalam skala besar untuk mengidentifikasi fungsi-fungsi dan keterkaitan dari gen (contohnya metode yeast twohybrid) akan semakin tumbuh secara signifikan dan bersamanya akan mengikuti

Bioinformatika yang berkaitan langsung dengan kerja fungsi genom (functional genomics). Akan ada perubahan besar dalam penekanan dari gen itu sendiri ke hasil-hasil dari gen yang pada akhirnya akan menuntun ke usaha untuk mengkatalogkan semua aktivitas dan karakteristik interaksi antara semua hasil-hasil dari gen (pada manusia) yang disebut proteomics; usaha untuk mengkristalisasi dan

memprediksikan struktur-struktur dari semua protein (pada manusia) yang disebut structural genomics. Apa yang disebut orang sebagai research informatics atau medical informatics, manajemen dari semua data eksperimen biomedik yang berkaitan dengan molekul atau pasien tertentu --mulai dari spektroskop massal, hingga ke efek samping klinis akan berubah dari semula hanya merupakan kepentingan bagi mereka yang bekerja di perusahaan obat-obatan dan bagian TI Rumah Sakit akan menjadi jalur utama dari biologi molekul dan biologi sel, dan berubah jalur dari komersial dan klinikal ke arah akademis. Dari uraian di atas terlihat bahwa Bioinformatika sangat mempengaruhi kehidupan manusia, terutama untuk mencapai kehidupan yang lebih baik. Penggunaan komputer yang notabene merupakan salah satu keahlian utama dari orang yang bergerak dalam TI merupakan salah satu unsur utama dalam Bioinformatika, baik dalam Bioinformatika "klasik" maupun Bioinformatika "baru.

Saat ini bioinformatika sangat mudah dilakukan karena sudah bisa diakses melalui system jaringan World Wide Web secara gratis di internet. Beberapa website yang penting antara lain adalah <http://www.ebi.ac.uk> dari European Bioinformatics Institute (EBI), <http://www.ncbi.nlm.nih.gov> dari National Center for Biotechnology Information (NCBI), serta <http://www.ddbj.nig.ac.jp> dari DNA Data Bank of Japan (DDBJ). Ketiga website tersebut saling berintegrasi dalam menggabungkan, memaparkan, maupun memperbaiki informasi tentang sekuen DNA atau protein dari suatu organism. Secara garis besar, orang menggunakan bioinformatika untuk menganalisa sekuen DNA melalui Beberapa tahapan, antara lain yaitu:

- 1) Mencari sekuen DNA yang diinginkan secara tepat.
- 2) Membandingkan sekuen yang di dapat dengan yang tersedia menggunakan BLAST
- 3) Melakukan analisis sekuen DNA dengan ClustalW.
- 4) Membangun pohon filogenetik.

Pada website NCBI dapat di akses program BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*) yang merupakan program untuk menganalisa kesamaan yang didisain dalam mengeksplorasi semua database sekuen yang diminta, baik berupa DNA maupun protein. Program ini juga dapat digunakan untuk mendeteksi hubungan antara sekuen yang hanya berbagi daerah tertentu yang memiliki kesamaan/daerah

conserve dengan ClustalW Selain website NCBI, software BIOEDIT juga bisa digunakan untuk melihat daerah conserve dengan ClustalW (<http://www.mbio.ncsu.edu/bioedit/page2.html>).

1.2. Perkembangan Bioinformatika Dalam Dunia Sains

Perkembangan Penetrasi Teknologi Informasi (TI) dalam berbagai disiplin ilmu telah melipatgandakan perkembangan ilmu bersangkutan. Berbagai kajian baru bermunculan, sejalan dengan perkembangan TI itu sendiri dan disiplin ilmu yang didukungnya. Aplikasi TI dalam bidang biologi molekul telah melahirkan bidang Bioinformatika. Kajian ini semakin penting, sebab perkembangannya telah mendorong kemajuan bioteknologi di satu sisi, dan pada sisi lain memberi efek domino pada bidang kedokteran, farmasi, lingkungan dan lainnya.

Kajian baru Bioinformatika ini tak lepas dari perkembangan biologi molekul modern yang ditandai dengan kemampuan manusia untuk memahami genom, yaitu cetak biru informasi genetik yang menentukan sifat setiap makhluk hidup yang disandi dalam bentuk pita molekul DNA (asam deoksiribonukleat). Kemampuan untuk memahami dan memanipulasi kode genetik DNA ini sangat didukung oleh TI melalui perangkat perangkat keras maupun lunak. Hal ini bisa dilihat pada upaya Celera Genomics, perusahaan bioteknologi Amerika Serikat yang melakukan pembacaan sekuen genom manusia yang secara maksimal memanfaatkan TI sehingga bisa melakukan pekerjaannya dalam waktu yang singkat (hanya beberapa tahun), dibanding usaha konsorsium lembaga riset publik AS, Eropa, dan lain-lain, yang memakan waktu lebih dari 10 tahun.

Kelahiran Bioinformatika modern tak lepas dari perkembangan bioteknologi di era tahun 70-an, dimana seorang ilmuwan AS melakukan inovasi dalam mengembangkan teknologi DNA rekombinan. Berkat penemuan ini lahirlah perusahaan bioteknologi pertama di dunia, yaitu Genentech di AS, yang kemudian memproduksi protein hormon insulin dalam bakteri, yang dibutuhkan penderita diabetes. Selama ini insulin hanya bisa didapatkan dalam jumlah sangat terbatas dari organ pankreas sapi. Bioteknologi modern ditandai dengan kemampuan pada manipulasi DNA. Rantai/sekuen DNA yang mengkode protein disebut gen. Gen ditranskripsikan menjadi mRNA, kemudian mRNA ditranslasikan menjadi protein. Protein sebagai produk akhir bertugas menunjang seluruh proses kehidupan, antara

lain sebagai katalis reaksi biokimia dalam tubuh (disebut enzim), berperan serta dalam sistem pertahanan tubuh melawan virus, parasit dan lain-lain (disebut antibodi), menyusun struktur tubuh dari ujung kaki (otot terbentuk dari protein actin, myosin, dan sebagainya) sampai ujung rambut (rambut tersusun dari protein keratin), dan lain-lain. Arus informasi, DNA → RNA → Protein, inilah yang disebut sentral dogma dalam biologi molekul.

Berikut ini adalah beberapa perkembangan bioinformatika dalam dunia sains meliputi:

A. Bioinformatika dalam Bidang Klinis

Bioinformatika dalam bidang klinis sering disebut sebagai informatika klinis (clinical informatics). Aplikasi dari informatika klinis ini berbentuk manajemen data-data klinis dari pasien melalui Electrical Medical Record (EMR) yang dikembangkan oleh Clement J. McDonald dari Indiana University School of Medicine pada tahun 1972. McDonald pertama kali mengaplikasikan EMR pada 33 orang pasien penyakit gula (diabetes). Sekarang EMR ini telah diaplikasikan pada berbagai penyakit. Data yang disimpan meliputi data analisa diagnosa laboratorium, hasil konsultasi dan saran, foto rontgen, ukuran detak jantung, dan lain lain. Dengan data ini dokter akan bisa menentukan obat yang sesuai dengan kondisi pasien tertentu dan lebih jauh lagi, dengan dibacanya genom manusia, akan memungkinkan untuk mengetahui penyakit genetik seseorang, sehingga penanganan terhadap pasien menjadi lebih akurat.

B. Bioinformatika untuk Identifikasi Agent Penyakit Baru

Bioinformatika juga menyediakan tool yang sangat penting untuk identifikasi agent penyakit yang belum dikenal penyebabnya. Banyak sekali penyakit baru yang muncul dalam dekade ini, dan diantaranya yang masih hangat adalah SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome). Pada awalnya, penyakit ini diperkirakan disebabkan oleh virus influenza karena gejalanya mirip dengan gejala pengidap influenza. Akan tetapi ternyata dugaan ini salah karena virus influenza tidak terisolasi dari pasien. Perkiraan lain penyakit ini disebabkan oleh bakteri Candida karena bakteri ini terisolasi dari beberapa pasien. Tapi perkiraan ini juga salah. Akhirnya ditemukan bahwa dari sebagian besar pasien SARS terisolasi virus Corona jika dilihat dari morfologinya. Sekuen genom virus ini kemudian dibaca dan dari hasil analisa

dikonfirmasikan bahwa penyebab SARS adalah virus Corona yang telah berubah (mutasi) dari virus Corona yang ada selama ini.

Kedua pada proses mencari kemiripan sekuen (homology alignment) virus yang didapatkan dengan virus lainnya. Dari hasil analisa virus SARS diketahui bahwa genom virus Corona penyebab SARS berbeda dengan virus Corona lainnya. Perbedaan ini diketahui dengan menggunakan homology alignment dari sekuen virus SARS. Selanjutnya, Bioinformatika juga berfungsi untuk analisa posisi sejauh mana suatu virus berbeda dengan virus lainnya

C. Bioinformatika untuk Diagnosa Penyakit Baru

Untuk menangani penyakit baru diperlukan diagnosa yang akurat sehingga dapat dibedakan dengan penyakit lain. Diagnosa yang akurat ini sangat diperlukan untuk pemberian obat dan perawatan yang tepat bagi pasien. Ada beberapa cara untuk mendiagnosa suatu penyakit, antara lain: isolasi agent penyebab penyakit tersebut dan analisa morfologinya, deteksi antibodi yang dihasilkan dari infeksi dengan teknik enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), dan deteksi gen dari agent pembawa penyakit tersebut dengan Polymerase Chain Reaction (PCR).

Teknik yang banyak dan lazim dipakai saat ini adalah teknik PCR. Teknik ini sederhana, praktis dan cepat. Yang penting dalam teknik PCR adalah disain primer untuk amplifikasi DNA, yang memerlukan data sekuen dari genom agent yang bersangkutan dan software seperti yang telah diuraikan di atas. Disinilah Bioinformatika memainkan peranannya. Untuk agent yang mempunyai genom RNA, harus dilakukan reverse transcription (proses sintesa DNA dari RNA) terlebih dahulu dengan menggunakan enzim reverse transcriptase. Setelah DNA diperoleh baru dilakukan PCR. Reverse transcription dan PCR ini bisa dilakukan sekaligus dan biasanya dinamakan RT-PCR.

Teknik PCR ini bersifat kualitatif, oleh sebab itu sejak beberapa tahun yang lalu dikembangkan teknik lain, yaitu Real Time PCR yang bersifat kuantitatif. Dari hasil Real Time PCR ini bisa ditentukan kuantitas suatu agent di dalam tubuh seseorang, sehingga bisa dievaluasi tingkat emergensinya. Pada Real Time PCR ini selain primer diperlukan probe yang harus didisain sesuai dengan sekuen agent yang bersangkutan. Di sini juga diperlukan software atau program Bioinformatika.

D. Bioinformatika untuk Penemuan Obat

Cara untuk menemukan obat biasanya dilakukan dengan menemukan zat/senyawa yang dapat menekan perkembangbiakan suatu agent penyebab penyakit. Karena perkembangbiakan agent tersebut dipengaruhi oleh banyak faktor, maka faktor-faktor inilah yang dijadikan target. Diantaranya adalah enzim-enzim yang diperlukan untuk perkembangbiakan suatu agent. Mula-mula yang harus dilakukan adalah analisa struktur dan fungsi enzim-enzim tersebut. Kemudian mencari atau mensintesa zat/senyawa yang dapat menekan fungsi dari enzim-enzim tersebut.

Analisa struktur dan fungsi enzim ini dilakukan dengan cara mengganti asam amino tertentu dan menguji efeknya. Analisa penggantian asam amino ini dahulu dilakukan secara random sehingga memerlukan waktu yang lama. Setelah Bioinformatika berkembang, data-data protein yang sudah dianalisa bebas diakses oleh siapapun, baik data sekuen asam amino-nya seperti yang ada di SWISS-PROT (<http://www.ebi.ac.uk/swissprot/>) maupun struktur 3D-nya yang tersedia di Protein Data Bank (PDB) (<http://www.rcsb.org/pdb/>). Dengan database yang tersedia ini, enzim yang baru ditemukan dapat dibandingkan sekuen asam amino-nya, sehingga bisa diperkirakan asam amino yang berperan untuk aktivitas (active site) dan kestabilan enzim tersebut. Setelah asam amino yang berperan sebagai active site dan kestabilan enzim tersebut ditemukan, kemudian dicari atau disintesa senyawa yang dapat berinteraksi dengan asam amino tersebut. Dengan data yang ada di PDB, maka dapat dilihat struktur 3D suatu enzim termasuk active site-nya, sehingga bisa diperkirakan bentuk senyawa yang akan berinteraksi dengan active site tersebut. Dengan demikian, kita cukup mensintesa senyawa yang diperkirakan akan berinteraksi, sehingga obat terhadap suatu penyakit akan jauh lebih cepat ditemukan. Cara ini dinamakan “docking” dan telah banyak digunakan oleh perusahaan farmasi untuk penemuan obat baru. Meskipun dengan Bioinformatika ini dapat diperkirakan senyawa yang berinteraksi dan menekan fungsi suatu enzim, namun hasilnya harus dikonfirmasi dahulu melalui eksperimen di laboratorium. Akan tetapi dengan Bioinformatika, semua proses ini bisa dilakukan lebih cepat sehingga lebih efisien baik dari segi waktu maupun finansial.

III. EVALUASI

A.Latihan

1. Jelaskan pengertian Bioinformatika ?
2. Jelaskan perbedaan antara Bioinformatika klasik dan Bioinformatika baru
3. Jelaskan Perkembangan Bioinformatika dalam dunia sains?
4. Jelaskan kelemahan Bioinformatika dalam masing – masing bidang ?

B.Tugas

1. Buatlah makalah tentang perkembangan bioinformatika dalam dunia sains
2. Presentasikan makalah tersebut oleh masing – masing kelompok

C.Penilaian Tugas

- ✓ Tugas dibuat di blog mahasiswa
- ✓ Blog di link ke web hybrid learning.
- ✓ Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
- ✓ Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas.

IV. DAFTAR PUSTAKA

Aprijani, DA. Elfaizi, MA. 2004. Bioinformatika : Perkembangan, Disiplin Ilmu dan Penerapannya di Indonesia, <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>. per 6 Juli 2017

Claverie, J.M. & C. Notredame. 2003. Bioinformatics For Dummies. 2nd ed. Wiley Publishing, Inc. New York. p10-68. p215-338.

Utama, Andi (2003), *Peranan Bioinformatika dalam Dunia Kedokteran*, <http://ikc.vlsm.org/populer/andi-bioinformatika.php>