



Universitas
Esa Unggul

**MODUL
MIKROBIOLOGI
(IBL361)**

Universitas
Esa Unggul

**Disusun Oleh
Dr. Henny Saraswati, S.Si, M.Biomed**

**UNIVERSITAS ESA UNGGUL
2017**

A. Pendahuluan

Mikrobiologi adalah ilmu yang mempelajari mikroba. Bioteknologi banyak sekali memanfaatkan mikroba, baik di bidang kesehatan pangan, kesehatan, lingkungan maupun energi terbarukan. Memahami mikroba merupakan suatu hal yang mutlak dikuasai oleh lulusan bioteknologi. Modul ini dibuat sebagai pemandu dalam proses belajar mengajar untuk mata kuliah Mikrobiologi di Program Studi Bioteknologi. Di dalam modul ini juga disebutkan kompetensi dasar dan kemampuan akhir mahasiswa setelah menerima mata kuliah mikrobiologi.

B. Kompetensi Dasar

1. Mahasiswa mengetahui konsep mikrobiologi
2. Mahasiswa mengkaji keterkaitan mikrobiologi dengan ilmu-ilmu terkait
3. Mahasiswa menganalisa penerapan mikrobiologi pada perkembangan bioteknologi

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

1. Mahasiswa dapat menyebutkan arti mikrobiologi dan apa yang dipelajari dalam mikrobiologi
2. Mahasiswa dapat menjelaskan struktur virus, bakteri dan jamur serta fungsinya
3. Mahasiswa menjelaskan kebutuhan nutrisi untuk pertumbuhan mikroba
4. Mahasiswa dapat menyebutkan apa itu virus dan ciri-cirinya
5. Mahasiswa dapat menjelaskan apa itu bakteri dan ciri-cirinya
6. Mahasiswa dapat menjelaskan apa itu fungi dan ciri-cirinya
7. Mahasiswa dapat menyebutkan contoh-contoh mikroba di perairan dan tanah
8. Mahasiswa dapat menjelaskan respon imun terhadap serangan mikroba dan agen antimikroba
9. Mahasiswa dapat menyebutkan beberapa penyakit yang disebabkan oleh virus, bakteri, jamur serta epidemiologinya

10. Mahasiswa dapat menjelaskan genetika mikroorganisme pemanfaatan mikroba dalam rekayasa genetika

D. Ruang Lingkup Pembahasan Mikrobiologi

1. Uraian dan contoh

Mikrobiologi adalah suatu cabang biologi yang mempelajari mikroorganisme atau mikroba. Apa itu mikroorganisme? Mikroorganisme adalah organisme yang berukuran sangat kecil. Untuk mengamatinya diperlukan alat bantu berupa mikroskop. Mikroorganisme terdiri dari virus, bakteri dan jamur (fungi).

Cakupan pembelajaran mikroba pada Prodi Bioteknologi Universitas Esa Unggul mencakup : (1) jenis-jenis dan penggolongan mikroba, (2) struktur mikroba, (3) nutrisi untuk pertumbuhan mikroba, (4) metabolisme mikroba, (5) virologi, bakteriologi dan mikologi, (6) respon imun terhadap infeksi mikroba, (7) agen-agen antimikroba dan (8) pemanfaatan mikroba untuk rekayasa genetika.

Mengapa mikroorganisme ini harus dipejari? Jawabannya adalah mikroba sangat berperan dalam keseimbangan kehidupan di dunia. Mikroorganisme sangat penting dalam daur ulang unsur-unsur kimia seperti karbon, nitrogen, oksigen, sulfur dan fosfor akan diubah oleh mikroorganisme menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh tumbuhan dan hewan. Beberapa mikroorganisme juga dapat melakukan fotosintesis seperti tumbuhan, sehingga dapat mengambil karbon dioksida serta mengeluarkan oksigen ke udara. Mikroorganisme atau mikroba ini juga penting untuk bioremediasi, yaitu untuk menguraikan polusi sehingga polusi ini tidak berbahaya bagi lingkungan. Terdapat juga bakteri yang bisa menggunakan polusi sebagai sumber energinya. Mikroorganisme juga berperan dalam pembuatan bahan makanan, seperti roti, kecap, keju, yogurt, cuka dan acar. Organisme ini juga bisa berperan dalam pembuatan vitamin, vaksin, mensintesis bahan kimia seperti aseton dan asam-asam organik. Sebagai flora normal bakteri akan bersimbiosis dengan inangnya, membantu proses pencernaan, maupun membantu keseimbangan

mikroba pada bagian tubuh. Mikroba bahkan digunakan sebagai agen pencegahan serangga dan hama tanaman. Hal ini merupakan cara pengendalian hama yang lebih aman untuk lingkungan. Pada bioteknologi modern, mikroba digunakan dalam teknologi rekayasa genetika untuk berbagai bidang. Virus dapat digunakan sebagai pembawa gen rekombinan dalam rekayasa genetika.

Organisme yang dipelajari dalam mikrobiologi antara lain virus, bakteri dan jamur (fungi). Virus adalah mikroorganisme yang sangat kecil, hanya dapat diamati melalui mikroskop elektron. Struktur virus sangat sederhana hanya terdiri dari selubung dan materi genetik (bisa berupa DNA atau RNA). Virus hanya dapat berkembang biak dalam sel hidup, sehingga harus menginfeksi sel hidup. Keistimewaan dari virus ini adalah kemampuannya dalam bermutasi. Organisme ini memiliki laju mutasi paling tinggi dibandingkan organisme lain. Hal ini sering menjadi penyebab gagalnya anti virus dalam membunuh virus. Virus sering dihubungkan sebagai penyebab beberapa penyakit pada manusia.

Bakteri merupakan organisme prokariotik yang memiliki struktur lebih kompleks dibandingkan virus. Bakteri memiliki materi genetik dan ribosom sehingga bisa melakukan proses pembelahan sel sendiri tanpa tergantung sel inang. Berdasarkan susunan dinding selnya, bakteri bisa dibedakan menjadi bakteri gram positif dan gram negatif.

Jamur (fungi) merupakan organisme eukariota yang sudah memiliki membran inti sel. Jamur merupakan mikroorganisme yang bisa berbentuk uniseluler (khamir) ada pula yang berbentuk multiseluler (jamur). Bentuk multiseluler inilah yang merupakan makroskopik, artinya dapat diamati dengan mata telanjang.

Pada kegiatan belajar 1 ini, mahasiswa diberikan kontrak pembelajaran yang berisi peraturan perkuliahan yang disepakati bersama untuk 1 semester serta buku pedoman atau referensi yang bisa digunakan oleh mahasiswa dalam melaksanakan kegiatan belajar MK Mikrobiologi.

2. Latihan

Contoh soal :

- a. Apa yang dimaksud dengan mikrobiologi?
- b. Apa itu mikroba?
- c. Sebutkan mikroba apa saja yang dipelajari dalam mikrobiologi

3. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Soal-soal ringan diberikan kepada mahasiswa untuk memberikan gambaran awal mengenai mikrobiologi dan bahasan apa saja yang akan mereka peroleh selama mempelajari mikroba. Diberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk berdiskusi secara ilmiah.

E. Kegiatan Belajar 2 (Struktur Virus, Bakteri dan Jamur)

1. Uraian dan contoh

Seperti yang sudah disebutkan di pertemuan sebelumnya, bahwa mikroba/mikroorganisme terdiri dari virus, bakteri dan jamur. Di dalam pengamatan mikroba diperlukan alat khusus yang disebut mikroskop. Penggunaan mikroskop akan membantu pengamatan mikroba yang berukuran sangat kecil dikarenakan mikroskop memiliki perbesaran tertentu. Mikroskop memiliki lensa okuler (lensa yang dekat dengan mata pengamat) dan lensa obyektif (lensa yang berada di dekat obyek). Saat ini, teknologi mikroskop bukan hanya mikroskop cahaya biasa saja tetapi telah berkembang menjadi mikroskop fase kontras, mikroskop konfokal dan lain-lain.

Mikroskop cahaya bisa dibedakan menjadi beberapa macam mikroskop fase kontras (*phase contrast*), medan terang (*bright-field*), medan gelap (*dark-field*) dan mikroskop fluoresensi. Pada mikroskop medan terang, spesimen akan mengalami pewarnaan sehingga terlihat kontras dengan latar belakangnya. Sedangkan pada mikroskop medan gelap, terdapat modifikasi pencahayaan sehingga akan terlihat

medan pandang yang gelap. Menggunakan latar belakang yang gelap seperti ini akan menghasilkan kontras yang jelas antara spesimen dengan latar belakang. Mikroskop seperti sangat baik untuk pengamatan spesimen yang berukuran sangat kecil, seperti *Treponema pallidum* yang akan sangat sukar dilihat dengan mikroskop medan terang.

Pada mikroskop fase kontras, dilakukan pengembangan dari mikroskop latar terang sehingga didapatkan perbaikan kontras antara spesimen dengan latar belakangnya. Untuk mikroskop semacam ini bisa digunakan untuk spesimen yang tidak diwarnai, sehingga bisa digunakan untuk spesimen yang hidup.

Mikroskop fluoresense merupakan mikroskop yang dapat digunakan untuk pengamatan spesimen yang berpendar. Beberapa mikroba secara alami dapat berpendar. Namun, spesimen lain juga dapat berpendar jika ditambahkan fluorokrom pada spesimen tersebut. Mikroskop seperti ini sering digunakan dalam diagnosis mikroba.

Satu lagi jenis mikroskop cahaya adalah mikroskop konfokal. Pada mikroskop jenis ini kontras antara spesimen dengan latar belakangnya menjadi lebih terlihat dikarenakan suatu teknologi yang dapat menghilangkan pendaran-pendaran yang tidak terfokus pada hasil pengamatan. Hasilnya adalah spesimen menjadi lebih jelas terlihat.

Selain mikroskop cahaya, terdapat mikroskop elektron yang sumber cahayanya merupakan pendaran sinar elektron. Mikroskop elektron ini menghasilkan resolusi gambar yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan mikroskop cahaya biasa dikarenakan pendaran elektron memiliki panjang gelombang yang lebih pendek dibandingkan dengan menggunakan mikroskop cahaya. Mikroskop elektron ini sangat baik digunakan untuk pengamatan mikroba dengan ukuran yang sangat kecil ($< 2 \mu\text{m}$) seperti virus. Dikarenakan resolusinya yang cukup tinggi, maka pengamatan virus bukan hanya di morfologi luar saja, tetapi juga sampai bagian internal virus. Terdapat 2 tipe mikroskop elektron: (1) *Transmission Electron*

Microscopy (TEM) dan (2) *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Mikroskop elektron tipe TEM dapat digunakan untuk pengamatan spesimen yang berukuran ≤ 100 nm, karena resolusinya yang besar. Mikroskop elektron tipe SEM memiliki nilai resolusi yang lebih kecil dibandingkan dengan TEM. Namun demikian mikroskop SEM ini sering digunakan untuk mengamati topografi permukaan spesimen yang diamati.

Setelah mengetahui macam-macam mikroskop dan fungsinya, maka kita menginjak ke materi selanjutnya berupa struktur struktur sel prokariotik dan eukariotik, sehingga mempermudah kita untuk mempelajari mikroba (virus, bakteri dan jamur).

Sel prokariota adalah sel yang tidak memiliki membran inti. Strukturnya lebih sederhana dibandingkan dengan sel eukariotik. Pada sel prokariotik, materi genetik akan terletak di nukleoid. Kemudian pada sitoplasmanya, tidak terdapat organel mitokondria atau kloroplas, namun terdapat juga bakteri yang melakukan fotosintesis. Untuk bakteri-bakteri fotosintetik seperti ini, maka terdapat pigmen fotosintetik seperti karotenoid dan bakterioklorofil yang terdapat pada membran sitoplasma. Selain itu, sel prokariotik juga memiliki ribosom yang penting dalam sintesis protein. Bakteri juga dapat menyimpan cadangan makanan pada badan inklusi (*inclusion bodies*) di sitoplasma. Badan inklusi ini adalah sekelompok protein yang terdapat pada sitoplasma. Kemudian sitoplasma beserta isinya akan dibungkus oleh membran plasma. Membran plasma ini memiliki fungsi yang cukup penting, seperti sebagai pembatas yang bersifat semipermeabel, artinya menjadi tempat keluar masuknya ion dan protein yang diperlukan untuk fungsional sel, misalnya dalam proses pengambilan nutrisi, pengeluaran sisa metabolisme dan sekresi protein. Selain itu membran plasma juga penting dalam beberapa proses metabolik lainnya seperti fotosintesis, respirasi, sintesis lemak (lipid) dan pembentuk dinding sel. Fungsi lain dari membran sel adalah sebagai tempat reseptor yang membantu sel prokariotik mendeteksi dan merespon adanya bahan-bahan kimia di lingkungan sekitar sel. Selain membran plasma, sel prokariotik juga akan dikelilingi oleh dinding sel. Dinding

sel ini terdiri dari peptidoglikan yang berfungsi sebagai penjaga tekanan osmotik sel. Tekanan osmotik sel merupakan suatu tekanan yang terbentuk karena adanya perbedaan konsentrasi molekul antara lingkungan di luar sel dengan sitoplasma di dalam sel. Tekanan osmotik ini dapat merusak sel. Oleh karena itu, peran dinding sel dalam menjaga tekanan osmotik supaya tidak merusak sel menjadi sangat penting. Selain menjaga tekanan osmotik, fungsi lain dari dinding sel juga tidak kalah penting, yaitu berperan dalam proses pembelahan sel. Pembelahan sel ini penting karena akan memperbanyak jumlah sel serta regenerasi sel. Dinding sel dapat juga dijadikan sebagai alat penggolongan bakteri, yaitu bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Kedua golongan gram bakteri ini memiliki perbedaan dalam komposisi penyusun dinding sel. Penamaan bakteri gram berdasarkan penemuan oleh seorang histologis bernama Hans Christian Gram yang melakukan pewarnaan pada kedua golongan bakteri. Pada bakteri gram negatif diketahui dapat mempertahankan kompleks pewarna kristal violet (pewarna ungu) dan iodine setelah dilakukan pencucian dengan alkohol atau aseton. Pada bakteri gram positif, kompleks pewarna ini akan hilang setelah dilakukan pencucian. Namun, bakteri gram positif dapat diwarnai dengan pewarna pembanding yaitu safranin (pewarna merah). Apabila diamati dengan mikroskop akan nampak bakteri gram positif berwarna ungu tua, sedangkan bakteri gram negatif akan berwarna merah. Pada bakteri gram positif, komponen peptidoglikannya lebih tebal dan mengandung *teichoic acid* dan *teichuronic acid*. Sedangkan pada bakteri gram negatif, lapisan peptidoglikannya lebih tipis dan terdapat lipoprotein, membran terluar dan lipopolisakarida yang terdapat di atas lapisan peptidoglikan.

Struktur sel eukariotik lebih kompleks dibandingkan sel prokariotik. Sel eukariotik telah memiliki membran inti. Materi genetiknya (DNA) sendiri terletak di dalam inti sel. Pada sel eukariotik terdapat organel-organel di dalam sitoplasmanya, seperti mitokondria, badan golgi, retikulum endoplasma, dan lain-lain. Organel-organel ini penting untuk kehidupan sel itu sendiri. Seperti mitokondria contohnya,

organel ini berperan dalam pembentukan energi yang dibutuhkan sel. Uniknya mitokondria ini memiliki DNA sendiri yang terpisah dari DNA inti sel. Selain itu terdapat juga ribosom dan retikulum endoplasma yang berperan dalam sintesis protein. Kloroplas juga terdapat didalam sitoplasma. Kloroplas ini ada pada organisme eukariotik yang berfotosintesis. Fungsi dari kloroplas adalah mengubah nutrisi menjadi sumber energi dengan bantuan cahaya. Sitoplasma kemudian akan dibungkus oleh membran plasma yang merupakan membran semi permeabel, melakukan seleksi terhadap ion dan molekul yang akan masuk dan keluar sel. Dinding sel pada individu eukariotik terdapat pada tumbuhan ataupun protista. Kandungan penyusun dinding sel bermacam-macam tergantung individu yang memilikinya, namun umumnya tersusun atas selulosa, kitin dan atau glukan. Dibandingkan dengan sel prokariotik, maka dinding sel eukariotik ini lebih sederhana.

Virus adalah agen infeksius yang bersifat aseluler (tidak bersel), sangat sederhana dan hanya memiliki satu tipe materi genetik (DNA atau RNA saja). Ukurannya sangat kecil (sekitar 200-300 nm) sehingga hanya bisa diamati dengan mikroskop elektron. Virus ini hanya dapat melakukan perbanyakan diri pada sel hidup sehingga bersifat parasit obligat. Dikarenakan sifat-sifat inilah maka virus ini tidak bisa disamakan dengan bakteri dan jamur dan dipelajari dalam bidang ilmu virologi.

Sejarah penemuan virus diawali dengan wabah cacar di benua Eropa pada abad ke-18. Wortley Montagu, seorang istri duta besar Prancis berkunjung ke Turki dan mendapati sebuah peristiwa bahwa anak-anak di Turki lebih kebal terhadap serangan wabah cacar. Setelah diteliti, diketahui hal tersebut terjadi karena orang tua dari anak-anak tersebut menginokulasikan virus cacar dari nanah pada penderita cacar sedang kepada anak-anak yang sehat. Hal ini kemudian beliau tulis di sebuah surat dan memperkenalkan metode vaksinasi sederhana ini di Inggris. Penemuan ini kemudian menjadi awal penemuan vaksin cacar oleh Edward Jenner yang lebih aman dibandingkan praktek tradisional yang dilakukan di Turki. Setelah ini terdapat

penemuan-penemuan lain yang menunjukkan adanya agen infeksius yang sangat berbeda dengan bakteri, yang kita kenal sekarang dengan nama virus.

Struktur virus secara keseluruhan disebut virion, berukuran 10-400 nm, kira-kira sebesar organel ribosom hingga sebesar bakteri yang paling kecil. Virus terbesar yaitu poxvirus masih bisa dilihat dengan mata telanjang. Tetapi sebagian besar virus hanya bisa diamati dengan mikroskop elektron dikarenakan ukurannya yang sangat kecil. Materi genetik virus (DNA atau RNA) dibungkus oleh selubung protein yang dinamakan kapsid. Gabungan antara materi genetik dan kapsid dinamakan nukleokapsid. Terdapat beberapa bentuk nukleokapsid, yaitu berpilin (*helical*), *icosahedral* dan kompleks. Beberapa virus juga memiliki selubung (*envelope*) yang menyelubungi nukleokapsid. Untuk virus-virus yang berselubung dinamakan *enveloped virus*, sedangkan yang tidak berselubung dinamakan *non-enveloped virus*. Pada selubung virus ini terdapat suatu glikoprotein yang disebut dengan *spike*. Glikoprotein *spike* berbeda-beda untuk setiap spesies virus, sehingga dapat digunakan dalam identifikasi virus. Pada beberapa virus, *spike* ini juga berperan dalam pengikatan virus dengan sel inangnya. Selain virus terdapat pula agen infeksius sederhana lain yang menyebabkan penyakit, yaitu viroid dan prion. Viroid adalah agen infeksius yang terdiri dari RNA saja. Viroid ini dapat menyebabkan penyakit pada tanaman, seperti penyakit pada tanaman kentang dan jeruk. Ada juga prion, yaitu agen infeksius yang berupa protein saja. Prion ini dikenal dapat menyebabkan penyakit neurodegeneratif pada manusia dan hewan. Penyakit yang disebabkan contohnya adalah sapi gila. Hewan yang terjangkit penyakit ini akan mengalami gangguan pada koordinasi gerakannya. Klasifikasi virus sendiri dibuat dengan pertimbangan beberapa hal, seperti : (1) morfologi virus (ukuran, bentuk, tipe simetri), (2) genom virus (DNA atau RNA), (3) replikasi dan organisasi genom, (4) protein virus (ukuran dan aktivitas fungsional), (5) kondisi antigen, (6) kondisi fisikokimia (massa molekul, stabilitas pH, stabilitas suhu, dll), (7) sifat biologi (sel inang yang bisa diinfeksi, cara transmisi, dll). Virus dikelompokkan menjadi

beberapa famili berdasarkan kriteria-kriteria ini. Terdapat penambahan akhiran –**viridae** pada penamaan virus, contohnya parvoviridae, polyomaviridae. Kemudian dalam satu famili virus dibagi menjadi beberapa genus, dengan penambahan akhiran –**virus**, seperti Parvovirus. Sampai akhir tahun 2000 The International Committee on Taxonomi of Viruses telah berhasil menggolongkan 4000 virus hewan dan tumbuhan.

Bakteri merupakan mikroba yang merupakan individu prokariotik. Seperti telah disebutkan di atas, bahwa struktur sel prokariotik sangatlah sederhana. Apabila dilihat dari morfologinya, bakteri dapat berbentuk : kokus/bulat (*coccus*), basil/batang(*bacillus*), spiral (*spirilla*), koma (*vibrio*) dan berpilin (*spirochete*). Bakteri dapat ditemukan pada beberapa lingkungan, dari daerah kutub hingga ke kawah gunung berapi, dari tempat dengan kelembapan tinggi hingga daerah yang sangat kering. Sebagian besar bakteri sangat berguna bagi keberlangsungan hidup manusia dan lingkungan, dan hanya sebagian kecil saja yang bersifat merugikan seperti menyebabkan penyakit. Penggolongan bakteri bukan hanya berdasarkan bentuk morfologinya saja tetapi juga bisa berdasarkan media tempat bakteri tumbuh, uji biokimia dan perbedaan sekuen genetik. Pada tahun 1923 pengklasifikasian bakteri dibuat dalam suatu manual oleh David Bergey, seorang Profesor dalam bakteriologi dari Universitas Pennsylvania bersama kolega-koleganya. Manual ini berjudul *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, yang masih digunakan hingga sekarang. Buku ini telah mengalami beberapa kali perbaruan hingga beberapa edisi. Hal ini dikarenakan adanya beberapa penemuan bakteri baru.

Jamur (fungi) merupakan mikroba yang termasuk golongan eukariotik. Struktur selnya lebih kompleks dibandingkan dengan prokariota. Jamur terbentuk dari hifa-hifa yang berserabut (berfilamen). Kumpulan hifa ini kemudian akan membentuk suatu struktur yang disebut miselium. Sama seperti bakteri, jamur juga bisa berguna bagi manusia namun ada kalanya juga menyebabkan kerugian. Cara perkembangbiakan jamur ada 2 yaitu secara seksual dan aseksual. Perkembangan

secara seksual dilakukan dengan gamet sedangkan secara aseksual dengan menggunakan spora. Jamur umumnya hidup pada daerah yang lembab dikarenakan dalam perkembangbiakannya jamur memerlukan air sebagai media. Terdapat jamur yang hidup dalam bentuk sel tunggal (uniseluler), yaitu ragi (*yeast*). Selain itu, ragi memiliki sifat dimorfik artinya dapat hidup dalam 2 bentuk sel tunggal (*yeast*) apabila hidup pada organisme dan kemudian berubah menjadi bentuk jamur berserat (*mold*) apabila terdapat pada lingkungan luar. Hal ini bisa terjadi karena adaptasi ragi terhadap kondisi lingkungan seperti nutrisi, tekanan CO₂, suhu dan potensi oksidasi-reduksi.

2. Latihan

Contoh soal :

- a. Sebutkan dan jelaskan jenis-jenis mikroskop
- b. Jelaskan ciri umum virus
- c. Jelaskan ciri umum bakteri
- d. Jelaskan ciri umum jamur

3. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Mahasiswa diharapkan dapat memahami mengenai ciri-ciri mikroba secara umum dan menjadi dasar untuk pemahaman materi-materi selanjutnya. Jawaban mahasiswa terhadap beberapa pertanyaan juga menjadi salah satu indikator bahwa mahasiswa dapat memahami tema pembelajaran kedua ini. Untuk mahasiswa yang masih belum memahami mengenai bahasan pembelajaran ke-2 ini diberikan waktu yang seluas-luasnya untuk berdiskusi dengan dosen. Hal ini diharapkan dapat membantu mahasiswa bersangkutan untuk memahami bahasan pembelajaran.

F. Kegiatan Belajar 3 (Nutrisi untuk Pertumbuhan Mikroba)

1. Uraian dan contoh

Dalam pertumbuhannya mikroba pasti memerlukan nutrisi. Terdapat beberapa nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah besar disebut makroelemen. Nutrisi makroelemen ini antara lain oksigen, karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur, fosfat, potasium, kalsium, magnesium dan zat besi. Sedangkan beberapa nutrisi lain merupakan mikronutrien atau trace element seperti mangan, seng, kobalt, molibdenum, nikel dan tembaga.

Semua organisme memerlukan karbon, hidrogen, oksigen dan sumber elektron untuk hidupnya. Sumber karbon bisa didapatkan dari CO₂ atau dari senyawa organik, yang juga bisa sebagai sumber hidrogen dan oksigen. Organisme yang mendapatkan sumber karbon dari CO₂ dinamakan sebagai **autotrof**. Kebalikannya apabila organisme mendapatkan sumber karbon dari senyawa organik disebut **heterotrof**.

Sumber energi bisa didapatkan dari cahaya dan dari oksidasi senyawa anorganik maupun organik. Organisme yang mendapatkan sumber energi dari cahaya disebut organisme **fototrof**, sedangkan yang mendapatkan energi dari oksidasi senyawa anorganik dan organik disebut organisme **kemotrof**.

Berdasarkan penggolongan organisme berdasarkan sumber nutrisi yang diperlukan, maka mikroba dapat dikelompokkan menjadi **(1) fotoautotrof, (2) kemoheterotrof, (3) fotoorganoheterotrof, (4) kemolitoautoheterotrof dan (5) kemolitoheterotrof**. Mikroba **fotoautotrof** adalah mikroba yang mendapatkan sumber karbon dari CO₂ dan sumber energi dari cahaya, contohnya adalah *Cyanobacteria*. Mikroba **kemoheterotrof** adalah mikroba yang mendapatkan sumber karbon dan energi dari senyawa organik. Contoh mikroba yang masuk dalam kemoheterotrof adalah jamur dan sebagian besar bakteri patogen. Mikroba **fotoorganoheterotrof** adalah mikroba yang menggunakan senyawa organik sebagai sumber karbon dan cahaya sebagai sumber energi. Contoh mikroba dalam kelompok

ini adalah bakteri ungu nonsulfur dan bakteri hijau nonsulfur. Kemudian terdapat juga mikroba **kemolitoautotrof** yang menggunakan CO₂ sebagai sumber karbon dan senyawa anorganik sebagai sumber energi. Contoh mikroba golongan ini adalah bakteri pengoksidasi sulfur, bakteri pengoksidasi hidrogen dan metanogen. Mikroba **kemolitoheterotrof** merupakan mikroba yang menggunakan senyawa organik sebagai sumber karbon dan senyawa anorganik sebagai sumber energi, contohnya pada bakteri pengoksidasi sulfur.

Selain nutrisi, mikroba juga memerlukan faktor-faktor pertumbuhan (*growth factor*). *Growth factor* adalah senyawa organik yang diperlukan untuk pembentukan komponen sel suatu organisme, namun tidak bisa diproduksi oleh organisme itu sendiri. Ada 3 macam *growth factor* yang diperlukan oleh organisme, yaitu (1) asam amino, (2) purin dan pirimidin dan (3) vitamin. Asam amino diperlukan untuk pembentukan protein, sedangkan purin dan pirimidin diperlukan untuk pembentukan asam nukleat, sedangkan vitamin diperlukan sebagai kofaktor enzim yang diperlukan untuk keberlangsungan hidup sel.

Setelah mengetahui beberapa jenis nutrisi yang diperlukan oleh mikroba, maka pemahaman selanjutnya adalah mengenai bagaimana nutrisi-nutrisi tersebut dapat digunakan oleh sel. Nutrisi-nutrisi tersebut harus dapat memasuki sel mikroba. Seperti telah diketahui bahwa membran sel bersifat semipermeabel, artinya tidak semua molekul bisa bebas masuk dan keluar sel. Lalu bagaimana caranya nutrisi dapat masuk ke dalam sel? Terdapat beberapa mekanisme, yang (1) difusi pasif, (2) difusi terfasilitasi, (3) transport aktif, (4) translokasi kelompok dan (5) penyerapan zat besi. **Difusi pasif** atau lebih dikenal dengan **difusi** adalah perpindahan molekul dari suatu tempat dengan konsentrasi molekul yang tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah. Dikarenakan perpindahan molekul ini mengikuti perbedaan konsentrasi molekul, maka proses difusi ini tidak memerlukan energi. Sedangkan difusi terfasilitasi pada prinsipnya hampir sama dengan difusi pasif tetapi pada difusi terfasilitasi terdapat penggunaan protein pembawa (*carrier*) yang disebut **permease**.

Protein permease ini terdapat pada membran sel. Permease ini akan membantu perpindahan molekul dari luar sel ke dalam sel. Kedua jenis transportasi nutrisi ini merupakan mekanisme transport yang tidak memerlukan energi. Lain halnya dengan transport aktif, mekanisme transport ini memerlukan energi. Mengapa? Dikarenakan mekanisme transport ini melawan perbedaan konsentrasi molekul antara lingkungan luar dan dalam sel. Pada transport aktif, molekul akan bergerak dari tempat yang konsentrasinya rendah menuju ke tempat yang konsentrasinya tinggi. Hal ini penting bagi mikroba, karena terkadang mereka tumbuh pada lingkungan dengan konsentrasi nutrisi yang sedikit. Pada transport aktif ini digunakan juga permease sebagai protein pembawa. Oleh karena itu transport aktif ini mirip juga dengan difusi terfasilitasi. Bentuk lain mekanisme transportasi nutrisi dari lingkungan ke dalam sel adalah dengan translokasi kelompok. **Translokasi kelompok** adalah mekanisme transportasi nutrisi dengan melakukan modifikasi molekul pada saat dilakukan pemindahan molekul tersebut dari luar sel ke dalam sel. Contohnya pada fosforilasi gula yang menjadi piruvat setelah sampai di dalam sel. Hal ini terjadi pada beberapa bakteri. Beberapa mikroba menggunakan mekanisme ini untuk ekstraksi energi dari sumber senyawa organik. Bentuk selanjutnya dari mekanisme transportasi nutrisi adalah proses **penyerapan zat besi**. Hal ini juga penting bagi mikroba dikarenakan zat besi yang terdapat pada lingkungan dalam bentuk besi ferri (Fe^{3+}) tidak larut sehingga susah untuk terserap. Untuk penyerapan zat besi ini dilakukan dengan pembentukan siderofor yaitu molekul organik berukuran kecil yang dapat berikatan dengan besi ferri (Fe^{3+}) sehingga dapat terangkut ke dalam sel.

Terkadang kita perlu menumbuhkan mikroba dalam jumlah yang banyak atau diperlukan untuk aktivitas tertentu, seperti identifikasi spesies. Hal ini bisa dilakukan dengan cara menumbuhkan mikroba pada medium pertumbuhan yang sesuai di laboratorium. Medium pertumbuhan mikroba haruslah mengandung nutrisi yang diperlukan oleh mikroba untuk pertumbuhannya. Namun, setiap mikroba bisa memiliki keperluan kadar nutrisi yang berbeda-beda. Hal ini tergantung dari masing-

masing spesies. Medium pertumbuhan mikroba ada bermacam-macam, bisa dibedakan dari bentuk fisiknya, komposisi nutrisi di dalamnya, bahkan fungsi dari medium pertumbuhan itu sendiri. Berdasarkan bentuknya, medium pertumbuhan dibagi menjadi medium **cair (broth)**, **semi padat (semisolid)** dan **medium padat**. Medium cair merupakan medium yang berbentuk cair, berisi nutrisi dan sering digunakan untuk perbanyak jumlah sel bakteri. Medium padat adalah medium pertumbuhan yang berbentuk padat karena mengandung agar. Medium ini bisa diletakkan di tabung atau di plat, bisa digunakan untuk menyeleksi spesies bakteri yang ditumbuhkan. Sedangkan medium semi padat merupakan medium pertumbuhan padat tapi mengandung agar yang lebih sedikit dibandingkan dengan medium padat. Medium jenis ini bisa digunakan untuk melihat motilitas bakteri atau membandingkan antara bakteri yang motil dan yang tidak.

Berdasarkan komposisi bahan nutrisi di dalamnya, maka medium pertumbuhan bisa dibedakan menjadi **medium sintetik** dan **medium kompleks**. Medium sintetik merupakan medium yang komposisi nutrisinya sudah diketahui. Di dalam medium ini sudah jelas sekali komposisi nutrisi dan jumlahnya. Bisa digunakan untuk menumbuhkan bakteri-bakteri yang sudah diketahui kebutuhan nutrisinya. Sedangkan medium kompleks adalah medium yang komposisi nutrisinya tidak diketahui secara jelas. Medium jenis ini bisa dibuat dari pepton, ekstrak yeast dan ekstrak daging. Medium ini sering digunakan dalam penelitian dan harganya lebih murah dibandingkan medium sintetik. Contoh medium kompleks adalah Nutrient Broth, Tryptic Soy Broth dan Mac Conkey agar.

Kemudian, medium pertumbuhan juga bisa dikelompokkan berdasarkan fungsinya, yaitu sebagai **media pertumbuhan**, **medium yang diperkaya**, **medium selektif** dan **medium diferensial**. Medium pertumbuhan merupakan medium yang diperlukan untuk perbanyak mikroba, bukan tujuan spesifik. Sedangkan medium diperkaya adalah medium pertumbuhan dengan penambahan bahan-bahan tertentu bertujuan untuk menumbuhkan mikroba tertentu yang sangat susah jika ditumbuhkan

pada medium pertumbuhan biasa. Contoh medium ini adalah medium agar darah yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri-bakteri yang dapat memecah sel darah merah. Kemudian terdapat pula medium selektif, yaitu medium tertentu yang dibuat untuk menumbuhkan mikroba tertentu saja. Contohnya adalah *Eosin Methylene Blue* (EMB) agar yang dibuat untuk menumbuhkan bakteri gram negatif saja. Bakteri-bakteri gram positif akan terhambat pertumbuhannya pada medium ini dikarenakan adanya pewarna eosin Y dan metilen biru. Medium diferensial adalah medium yang digunakan untuk membedakan suatu mikroba terhadap beberapa mikroba lain berdasarkan sifat biokimia mikroba tersebut. Medium diferensial ini berbeda dengan medium selektif dimana pada medium diferensial tidak menghambat pertumbuhan mikroba lain yang tidak ingin ditumbuhkan. Sedangkan pada medium selektif akan terjadi penghambatan pertumbuhan mikroba lain yang bukan merupakan mikroba target.

Yang disebut dengan pertumbuhan mikroba adalah penambahan jumlah mikroba, dari satu menjadi dua, dari dua menjadi empat, dari empat menjadi delapan, dan seterusnya. Hal ini terjadi karena proses pembelahan sel (*binary fusion*). Pengukuran konsentrasi mikroba bisa dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan **pengukuran konsentrasi sel** dan **densitas biomasa**. Konsentrasi sel adalah jumlah sel hidup per satu unit volume media pertumbuhan, sedangkan densitas biomasa adalah berat kering sel per satu unit volume media pertumbuhan.

Pergerakan pertumbuhan mikroba umumnya digambarkan dengan grafik pertumbuhan bakteri per waktu. Pada grafik pertumbuhan ini terdapat beberapa fase, yaitu fase lag, fase log (atau fase pertumbuhan eksponensial), fase stasioner dan fase kematian. Fase lag adalah fase permulaan dari pertumbuhan bakteri dimana tingkat pertumbuhan masih kecil dikarenakan bakteri masih beradaptasi dengan medium pertumbuhan dan banyak diproduksi enzim-enzim yang diperlukan. Pada fase log, bakteri tumbuh banyak dikarenakan produksi enzim yang diperlukan untuk pertumbuhan sudah banyak dan juga nutrisi masih mencukup. Setelah itu berlanjut

ke fase stasioner. Pada fase ini, pertumbuhan bakteri sudah tidak banyak, jumlah bakteri baru dengan jumlah bakteri yang mati adalah sama, sehingga total jumlah bakteri sama dari waktu ke waktu. Hal ini disebabkan karena nutrisi yang ada pada media sudah banyak berkurang. Fase stasioner ini kemudian akan diikuti oleh fase kematian dimana jumlah bakteri yang mati jauh lebih banyak dibandingkan dengan jumlah bakteri baru yang muncul. Faktor nutrisi yang semakin sedikit dan juga adanya bahan sisa-sisa metabolisme yang menumpuk menjadi penyebabnya.

Selain nutrisi, faktor-faktor lingkungan juga turut berpengaruh bagi pertumbuhan mikroba. Faktor-faktor itu antara lain suhu, kondisi keasaman (pH), aerasi dan radiasi sinar. Mikroba memiliki spesifikasi suhu lingkungan untuk pertumbuhannya.

Psikrofilik merupakan kelompok mikroba yang dapat tumbuh pada suhu dingin (-5-15°C), **psikrotrof** adalah mikroba yang dapat tumbuh pada suhu 20-30°C, **mesofilik** merupakan golongan mikroba yang dapat tumbuh optimal pada suhu 30-37°C, **termofilik** merupakan golongan mikroba yang bisa tumbuh di suhu 50-60°C dan yang terakhir adalah **hipertermofilik** yang bisa tumbuh pada suhu di atas 100°C. Apabila mikroba ditumbuhkan pada suhu di luar suhu optimal maka pertumbuhannya akan lebih lambat atau tidak tumbuh sama sekali. Sebagian besar mikroba merupakan mikroba mesofilik, namun terdapat juga mikroba dari kelompok lain. Selain suhu, kondisi pH lingkungan juga berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba. Terdapat mikroba golongan **neutrofil** yang akan tumbuh dengan baik pada pH optimal antar pH 6-8, golongan mikroba **asidofil** yang dapat tumbuh pada pH 3 ke bawah dan golongan **alkalifil** yang dapat tumbuh pada pH di atas 10,5. Sebagian besar mikroba merupakan mikroba neutrofil. Unsur oksigen diperlukan oleh organisme sebagai reseptor hidrogen. Hal ini penting dalam proses metabolismenya. Mikroba ada yang bisa hidup dengan keberadaan oksigen dan ada pula yang justru tidak memerlukan oksigen. Mikroba yang bisa hidup dengan keberadaan oksigen disebut mikroba **aerob** dan mikroba yang tidak memerlukan oksigen disebut mikroba **anaerob**. Mikroba aerob sendiri disebut juga **obligat**

aerob(yang sangat memerlukan keberadaan oksigen). Sedangkan mikroba anaerob bisa dikelompokkan lagi menjadi **obligat anaerob** (tidak membutuhkan oksigen sama sekali) dan **fakultatif anaerob** (bisa hidup dengan oksigen maupun tidak, namun pertumbuhannya akan lebih bagus bila terdapat oksigen pada lingkungan). Cahaya memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda. Semua mikroorganisme dapat mengalami kematian apabila dipaparkan pada sinar ultraviolet atau UV. Sinar UV ini memiliki panjang gelombang yang pendek. Sebaliknya cahaya sinar tampak justru bermanfaat bagi pertumbuhan mikroba dikarenakan bisa menjadi sumber energi.

Kita bisa mengontrol pertumbuhan mikroba supaya tidak berkembang terlalu banyak atau bahkan mematikannya, terutama untuk mikroba-mikroba yang bersifat patogen. Terdapat beberapa cara digunakan untuk pengontrolan ini yaitu secara kimia, fisika dan mekanis. Secara kimia bisa dilakukan dengan bahan-bahan kimia yang bersifat dapat menginaktivasi mikroorganisme yang disebut biosida, dapat menghambat pembelahan sel mikroba yang disebut bakterostatik dan dapat membunuh mikroba yang disebut bakterisidal. Pengontrolan pertumbuhan mikroba secara fisika dilakukan dengan pemanasan, pendinginan dan radiasi. Sedangkan jika pengontrolan mikroba secara mekanis bisa menggunakan filtrasi udara dan cairan.

Terdapat beberapa definisi yang digunakan dalam pengontrolan mikroba ini.

Desinfeksi adalah proses mematikan mikroba penyebab patogen dengan beberapa cara, salah satunya dengan bahan-bahan kimia yang disebut **desinfektan**. Proses desinfeksi ini dilakukan pada permukaan benda. Proses desinfeksi tidak dapat membunuh endospora bakteri. Ada pula proses **sterilisasi** yang membunuh semua mikroba hidup termasuk spora bakteri. Hal ini tentu berbeda dengan desinfeksi. Proses sterilisasi juga dilakukan pada permukaan suatu benda. Untuk menghilangkan atau mematikan mikroba hidup pada organisme maka digunakan **antiseptik** yang merupakan bahan kimia.

2. Latihan

Contoh soal :

- a. Sebutkan unsur-unsur pokok yang dibutuhkan oleh organisme dalam kehidupannya.
- b. Sebutkan dan jelaskan pengelompokan makhluk hidup berdasarkan sumber energi dan elektron yang dibutuhkan
- c. Apa yang dimaksud dengan pertumbuhan mikroba
- d. Jelaskan mengenai siklus pertumbuhan mikroba

3. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Mahasiswa harus mengetahui bahwa untuk pertumbuhannya, mikroba memerlukan nutrisi. Apabila nutrisi berkurang akan mengakibatkan terganggunya pertumbuhan bakteri. Beberapa soal akan diberikan kepada setiap mahasiswa, dan mereka bebas menjawab sesuai dengan kemampuan mereka. Mahasiswa juga diberikan kesempatan berdiskusi secara ilmiah dengan dosen pengampu. Untuk mahasiswa yang belum memahami tema pembelajaran akan dibimbing sehingga tidak tertinggal dengan teman-temannya. Setiap mahasiswa harus dipastikan memahami pembelajaran ke-3 ini sebelum masuk ke tahapan pembelajaran berikutnya.

G. Kegiatan Belajar 4 (Struktur dan Perkembangbiakan Virus)

1. Uraian dan Contoh

Virus merupakan agen infeksius yang berbeda dengan organisme kebanyakan. Hal ini dikarenakan virus hanya terdiri dari materi genetik dan selubung protein. Oleh karena itu virus sering dimasukkan ke dalam golongan makhluk tak hidup. Virus ini tidak dapat berkembang biak sendiri, tetapi harus bereproduksi di dalam sel hidup. Di dalam strukturnya virus tidak dapat memproduksi enzim-enzim yang diperlukan bagi perkembangbiakannya. Sehingga virus akan menggunakan enzim-enzim

pertumbuhan dari sel-sel hidup yang ditumpanginya. Satu partikel utuh virus disebut virion. Satu virion ini terdiri dari materi genetik, yaitu DNA atau RNA, serta selubung protein yang disebut kapsid. Jenis materi genetik pada virus hanya salah satu, apakah DNA saja atau RNA saja. Hal ini juga digunakan dalam penggolongan virus. Ukuran virus sangat kecil, sekitar 10 - 400 nm. Ukuran virus yang terkecil hampir sama ukurannya dengan ribosom, sedangkan ukuran virus yang terbesar seukuran bakteri terkecil. Dikarenakan ukurannya yang sangat kecil ini, maka virus tidak dapat diamati dengan mikroskop cahaya. Virus hanya dapat diamati dengan mikroskop elektron.

Seperti sudah dituliskan di atas bahwa virion tersusun dari materi genetik dan selubung protein, yang secara keseluruhan disebut **nukleokapsid**. Kemudian selubung protein sendiri disebut **kapsid**. Kapsid berfungsi untuk melindungi materi genetik virus sehingga tidak gampang rusak dan juga membantu dalam proses integrasi gen virus ke dalam gen sel inang ketika terjadi infeksi. Di luar nukleokapsid sendiri terdapat selubung lipid yang disebut **selubung (envelope)**, dimana tidak semua virus memilikinya. Untuk virus yang berselubung disebut virus **ber-envelope**, sedangkan yang tidak memiliki selubung disebut **virus telanjang/non-envelope**. Hal ini juga sering digunakan sebagai salah satu cara pengelompokan virus.

Kapsid sendiri memiliki bentuk yang bermacam-macam : **berpilin (helical)**, **icosahedral dan kompleks**. Kapsid berpilin (*helical*) berbentuk tabung protein yang berongga. Dimana di dalam rongga tersebut material genetik berada. Contoh virus yang memiliki bentuk kapsid ini adalah Tobacco mosaic virus. Bentuk lain dari kapsid adalah *icosahedral* yang sangat baik dalam melindungi materi genetik. Ketika diamati dengan mikroskop, bentuk kapsid *icosahedral* pada virus sangat bervariasi. Contoh virus dengan bentuk kapsid *icosahedral* adalah virus Simian 40. Bentuk kapsid yang terakhir adalah bentuk kompleks untuk bentuk-bentuk kapsid yang tidak sesuai dengan bentuk *helical* maupun *icosahedral*. Contoh virus dengan bentuk kapsid ini adalah poxvirus.

Envelope virus tersusun dari lipid dan protein yang berasal dari plasma membran sel inang. Struktur ini terbentuk saat virus memperbanyak diri di dalam sel inang kemudian keluar dari sel inang melalui proses *budding*. Hal inilah yang menyebabkan virus memiliki *envelope* dari sel inang.

Pengelompokan atau pengklasifikasian virus didasarkan beberapa sifat virus seperti jenis materi genetik, morfologinya, struktur antigeniknya, dan lain-lain. Sekuen gen pada virus saat ini juga digunakan dalam pengelompokan virus. Hal ini merupakan cara untuk melihat kedekatan beberapa virus dilihat dari keragaman sekuen gennya. Virus sendiri dapat dikelompokkan menjadi beberapa famili. Terdapat tambahan akhiran *-viridae* untuk penamaan famili virus, seperti contohnya Parvoviridae. Untuk famili virus dengan keragaman cukup tinggi, bisa dikelompokkan lagi menjadi beberapa sub famili. Kemudian dari setiap famili dibagi menjadi beberapa genus. Penamaan genus dilakukan dengan penambahan akhiran *-virus*, seperti contohnya Parvovirus. Hingga tahun 2000, Committee on Taxonomy of Viruses telah mengelompokkan sekitar 4.000 virus menjadi 56 famili dan 33 genus. Hal ini kemungkinan akan terus berkembang mengingat sifat virus yang cepat sekali bermutasi dan banyak virus yang belum berhasil teridentifikasi.

2. Latihan

Contoh soal :

- a. Sebutkan dan jelaskan ciri-ciri spesifik virus
- b. Jelaskan bagaimana pengelompokan virus

3. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Di dalam pembelajaran ke-4 ini mahasiswa dituntut untuk dapat memahami virus sebagai agen patogen. Mengetahui ciri-ciri spesifik dari virus dan bagaimana virus ini dikelompokkan. Pertanyaan-pertanyaan mengenai virus ditanyakan kepada mahasiswa. Jawaban yang diberikan akan memberikan gambaran apakah mahasiswa telah memahami pokok bahasan ke-4 ini. Apabila terdapat mahasiswa

yang masih belum memahami mengenai virus, maka akan dibuka kesempatan berdiskusi secara ilmiah dengan dosen pengampu. Proses ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam memahami pokok bahasan kali ini.

H. Kegiatan Belajar 5 (Pelaksanaan Tugas Terstruktur)

Pada kegiatan belajar ke-5 ini mahasiswa menyelesaikan tugas terstruktur yang diberikan oleh dosen. Pada tugas terstruktur kali ini, mahasiswa melakukan presentasi mengenai virus patogen tertentu. Pemilihan jenis virus yang dilakukan oleh mahasiswa bersangkutan. Dalam presentasi ini mahasiswa diharapkan dapat menerangkan karakteristik virus patogen, jenis penyakit yang ditimbulkannya, bagaimana virus tersebut bisa menyebabkan penyakit, bagian tubuh yang diserang, cara penularannya, cara pencegahan dan pengobatan penyakit yang ditimbulkannya. Penilaian dilakukan berdasarkan (a) penguasaan materi, (b) Kesesuaian materi presentasi dengan tema, (c) Kemampuan menjawab pertanyaan, (d) Sistematika presentasi, (e) Bahasa yang digunakan dan (f). Penampilan materi presentasi.

I. Kegiatan Belajar 6 (Bakteri dan Ciri-cirinya)

1. Uraian dan Contoh

Bakteri merupakan mikroba yang termasuk dalam golongan organisme prokariota. Disebut demikian karena di dalam sel bakteri belum terbentuk inti sel yang sempurna. Pada bakteri materi genetik (DNA) akan terdapat dalam suatu struktur yang disebut nucleoid. Selain materi genetik, terdapat juga ribosom yang berperan dalam proses sintesis protein. Dibandingkan organisme eukariot, bakteri tidak memiliki organel dalam selnya. Pada membran sel terdapat lapisan peptidoglikan yang dapat digunakan untuk menggolongkan bakteri menjadi 2 kelompok, yaitu bakteri gram positif dan negatif. Bakteri gram positif memiliki peptidoglikan yang tebal sedangkan pada bakteri gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang tipis. Hal ini mempengaruhi kemampuan bakteri untuk mempertahankan zat pewarna yang diberikan, sehingga jika diamati dengan mikroskop bakteri gram akan menampilkan

warna ungu sedangkan bakteri gram negatif akan menampilkan warna merah muda. Pada sel bakteri juga terdapat alat gerak berupa pili dan fimbria, sehingga bakteri dapat bergerak dengan lebih bebas. Jika kondisi lingkungan tidak sesuai untuk pertumbuhan bakteri, maka beberapa bakteri akan membentuk endospora. Endospora sangat kuat melawan panas, keadaan kering bahkan zat kimia yang dapat merusak bakteri. Pada saat pembentukan endospore ini bakteri dalam keadaan tidak aktif. Keadaan ini bisa berlangsung selama beberapa tahun. Apabila kondisi lingkungan sudah memungkinkan, maka endospora akan membentuk sel aktif kembali.

Bentuk sel bakteri bermacam-macam, yaitu bulat (kokus), batang (basil) dan spiral. Di lingkungan bakteri bisa berbentuk rantai (streptokokus), bentukan seperti anggur (*Staphylococcus*) atau juga berkelompok membentuk 2 kokus sekaligus (diplokokus). Untuk bakteri basil juga dapat berbentuk streptobasil, kokobasil dan diplobasil. Sedangkan bentuk spiral bisa terbentuk seperti tanda baca koma, spiral dan spiroketa.

Penggolongan bakteri dilakukan berdasarkan beberapa sifat bakteri dan bahkan sekarang mulai diterapkan teknologi biologi molekuler pada penggolongan ini. Hal ini dirasakan cukup akurat untuk mengetahui kekerabatan beberapa bakteri. Pedoman yang telah digunakan cukup dalam pengklasifikasian bakteri adalah manual *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Metode analisa materi genetik juga dimasukkan dalam manual ini.

Terdapat beberapa bakteri patogen yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia. Suatu bakteri dikatakan bakteri patogen apabila memenuhi unsur-unsur dalam Postulat Koch : (1) mikroba tersebut harus dapat ditemukan pada semua kasus penyakit, (2) mikroba tersebut harus dapat ditumbuhkan pada media pertumbuhan selama beberapa generasi, (3) apabila mikroba yang ditumbuhkan ini diinokulasikan pada spesies yang rentan, maka akan menimbulkan penyakit yang sama dan (4) dari spesies ini dapat diisolasi kembali mikroba yang sama.

Bakteri patogen ini bisa ditularkan atau ditransmisikan melalui beberapa cara : penyebaran lewat udara (misalkan lewat bersin, batuk), penyebaran melalui saluran pencernaan (lewat kotoran yang terdapat bakteri patogen masuk ke mulut), melalui saluran reproduksi dan urinari.

Selain bakteri patogen terdapat juga bakteri flora normal pada manusia. Bakteri ini sifatnya membantu fungsi tubuh inang tempat bakteri ini tumbuh. Pada manusia, bakteri flora normal dapat ditemukan pada saluran mukosa (mulut, saluran pencernaan, saluran reproduksi) dan kulit. Fungsi utamanya adalah membantu pencernaan makanan atau menjaga kondisi keasaman daerah tempat bakteri flora normal tumbuh. Selain itu bakteri flora normal juga berfungsi untuk mengontrol pertumbuhan bakteri patogen dalam tubuh.

2. Latihan

Contoh soal :

- a. Sebutkan dan jelaskan ciri-ciri spesifik bakteri
- b. Jelaskan bagaimana pengelompokan bakteri

3. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Pembahasan mengenai bakteri dikupas lebih lengkap di kegiatan belajar ke-6 ini. Mahasiswa diharuskan memahami pembahasan pembelajaran kali ini. Pemberian stimulus berupa pertanyaan-pertanyaan mengenai pembahasan kali ini diberikan kepada mahasiswa. Jawaban-jawaban yang diberikan dari mahasiswa akan menggambarkan sejauh mana mereka memahami pembahasan mengenai bakteri. Apabila terdapat mahasiswa yang masih belum memahami mengenai bakteri, maka akan dibuka kesempatan berdiskusi secara ilmiah dengan dosen pengampu. Proses ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam memahami pokok bahasan kali ini.

J. Kegiatan belajar 7 (Menyelesaikan Tugas Terstruktur)

Pada kegiatan belajar ke-7 ini mahasiswa diminta membuat presentasi mengenai bakteri patogen. Jenis spesies bakteri ditentukan sendiri oleh mahasiswa. Mahasiswa akan menelusuri jenis penyakit yang diakibatkan, mekanisme bakteri menimbulkan penyakit, organ yang diserang dan cara pencegahan atau pengobatan penyakit tersebut.

Penilaian dilakukan berdasarkan (a) penguasaan materi, (b) Kesesuaian materi presentasi dengan tema, (c) Kemampuan menjawab pertanyaan, (d) Sistematika presentasi, (e) Bahasa yang digunakan dan (f). Penampilan materi presentasi.

K. Kegiatan Belajar 8 (Jamur dan ciri-cirinya)

1. Uraian dan Contoh

Jamur atau fungi merupakan mikroba yang termasuk dalam kelompok organisme eukariota. Berarti memiliki selubung inti yang jelas di dalam selnya dan menyelubungi material genetik yang ada. Jamur merupakan mikroba yang cukup bervariasi morfologinya. Ukurannya ada yang kecil hingga makroskopik. Untuk jamur makroskopik bisa dilihat dengan mata telanjang.

Jamur bisa hidup di daerah perairan maupun daratan. Ada yang bersifat menguntungkan bagi manusia ada pula yang merugikan. Jamur sangat penting perannya dalam degradasi materi organik yang kompleks menjadi materi organik yang sederhana dan dapat dimanfaatkan oleh organisme lain. Di dalam bidang pangan, sudah banyak diketahui bahwa jamur berperan dalam proses fermentasi bahan makanan yang menghasilkan produk olahan makanan yang dapat dikonsumsi oleh manusia seperti roti dan kecap. Namun selain itu jamur juga bisa menjadi penyebab beberapa penyakit pada manusia. Spesies jamur patogen berbeda dengan spesies jamur yang bermanfaat.

Tubuh jamur disebut dengan talus, yang memiliki variasi bentuk bermacam-macam. Ada yang berbentuk satu sel (yeast) ada pula yang berbentuk cendawan

(molds). Untuk cendawan, talusnya terdiri dari bentukan seperti benang yang bercabang-cabang yang disebut hifa. Bentukan hifa ini bisa membentuk suatu bentukan bergerombol sehingga membentuk struktur jamur yang bisa dilihat dengan mata telanjang. Pada beberapa jamur terdapat sekat antar hifa yang disebut septa. Pada beberapa jamur patogen, morfologinya bisa berubah-ubah disesuaikan dengan kondisi lingkungan. Hal ini disebut dengan jamur dimorfik. Pada jamur dimorfik ini, apabila terdapat pada tubuh inangnya akan berbentuk yeast namun apabila terdapat pada lingkungan akan berubah menjadi bentuk cendawan. Contoh jamur dimorfik adalah *Histoplasma capsulatum* yang bisa menyebabkan pneumonia.

Sebagian besar jamur merupakan organisme saprofit, artinya menggunakan sumber nutrisi organik dari organisme tidak hidup. Lingkungan hidup yang disukai oleh jamur adalah lingkungan yang lembab dan tidak banyak terpapar oleh cahaya.

Cara perkembangbiakan jamur cukup unik, yaitu melalui 2 cara yaitu secara aseksual dan seksual. Perkembangbiakan secara aseksual dilakukan dengan cara pembelahan sel induk menjadi sel anakan dan juga dengan spora. Spora sendiri ada bermacam-macam berdasarkan letaknya: (a) **arthrokonidia/arthospora** berasal dari fragmen-fragmen hifa, (b) **klamidospora** berasal dari hifa yang berdinding tebal, (c) **sporangiospora**, spora yang terdapat dalam suatu kantung, (d) **konidiospora**, merupakan spora yang diproduksi pada ujung hifa dan (e) **blastospora**, merupakan spora berasal dari pertunasan sel.

Jamur dikelompokkan menjadi beberapa subklas, tetapi terdapat 4 sub klas yang paling sering dibahas dan dipelajari. Empat subklas ini antara lain : *Chytridiomycetes*, *Zygomycota*, *Ascomycota* dan *Basidiomycota*. Contoh jamur *Zygomycota* adalah *Rhizopus stolonifer* yang merupakan jamur yang biasa tumbuh pada roti, sehingga sering disebut dengan jamur roti. Pada golongan *Ascomycota* terdapat *Saccharomyces cerevisiae*. Jamur ini sangat dikenal karena sering digunakan dalam pembuatan roti sebagai bahan makanan. Spesies jamur *Cryptococcus neoformans* merupakan spesies jamur yang termasuk dalam subklas

Basidiomycota. Jamur ini merupakan jamur patogen pada manusia yang dapat menyebabkan infeksi sistemik pada paru-paru dan sistem saraf pusat.

2. Latihan

Contoh soal :

- a. Sebutkan dan jelaskan ciri-ciri spesifik jamur
- b. Jelaskan bagaimana pengelompokan jamur

3. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Pembahasan mengenai bakteri dikupas lebih lengkap di kegiatan belajar ke-8 ini. Mahasiswa diharuskan memahami pembahasan pembelajaran kali ini. Pemberian stimulus berupa pertanyaan-pertanyaan mengenai pembahasan kali ini diberikan kepada mahasiswa. Jawaban-jawaban yang diberikan dari mahasiswa akan menggambarkan sejauh mana mereka memahami pembahasan mengenai jamur. Apabila terdapat mahasiswa yang masih belum memahami mengenai jamur, maka akan dibuka kesempatan berdiskusi secara ilmiah dengan dosen pengampu. Proses ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam memahami pokok bahasan kali ini.

L. Kegiatan Belajar 9 (Mengerjakan Tugas Terstruktur)

Pada kegiatan belajar ke-9 ini, mahasiswa kembali diberikan tugas terstruktur berupa pembuatan presentasi yang membahas jurnal-jurnal ilmiah yang memuat topik mengenai beberapa penyakit yang ditimbulkan oleh jamur. Diusahakan jurnal-jurnal yang dipilih oleh mahasiswa adalah jurnal-jurnal yang telah terakreditasi untuk memberikan gambaran kepada mahasiswa bagaimana menulis suatu artikel ilmiah dengan baik dan benar.

Penilaian dilakukan berdasarkan (a) penguasaan materi, (b) Kesesuaian materi presentasi dengan tema, (c) Kemampuan menjawab pertanyaan, (d) Sistematika presentasi, (e) Bahasa yang digunakan dan (f). Penampilan materi presentasi.

M. Kegiatan Belajar 10 (Mikroba di Perairan dan Tanah)

1. Uraian Kegiatan

Perairan merupakan bagian terbesar dari keseluruhan bumi. Lingkungan perairan sangat berbeda dengan daratan. Komponen-komponen cahaya, pH dan suhu berbeda dengan di daratan. Selain itu juga nutrisi yang dibutuhkan oleh organisme merupakan nutrisi yang terlarut di dalam air. Hal-hal inilah yang menyebabkan variasi organisme pada perairan agak berbeda dengan di daratan.

Perairan sendiri dibagi menjadi 2, yaitu perairan asin dan tawar. Perairan asin seperti laut/samudra, payau maupun muara (pertemuan antara sungai dengan laut). Sedangkan perairan air tawar terdiri dari sungai, aliran sungai dan danau.

Bentuk oksigen (O_2) terlarut dalam ekosistem perairan merupakan bentuk yang terlarut. Hal ini merupakan hal yang cukup menantang bagi organisme yang hidup di perairan. Kadar oksigen terlarut bervariasi tergantung pada kedalaman perairan tersebut. Semakin dalam perairan maka kadar oksigen terlarut semakin besar. Di daerah dekat permukaan bisa terdapat daerah anoksigen (*anoxic* atau *hypoxic*) dikarenakan banyak sekali mikroba aerobik yang mengonsumsi oksigen sebelum tergantikan. Nilai pH pada perairan juga bervariasi, hal ini ditentukan dengan kelarutan CO_2 . Pada samudra atau laut, nilai pH tergantung pada CO_2 , karbonat dan bikarbonat, sedangkan perairan tawar nilai pH tergantung pada beberapa mineral yang bersifat asam dan basa. Sinar atau pencahayaan sangat diperlukan oleh organisme di perairan, terutama yang menggunakan sinar sebagai sumber energinya. Semakin dekat dengan permukaan, maka sinar matahari akan semakin mudah menembus air, dinamakan daerah fotik (*photic zone*). Kebalikannya adalah di daerah yang sangat jauh dari permukaan, maka sinar matahari akan semakin susah menembus air.

Mikroba yang hidup di daerah muara adalah mikroba **halotoleran**. Hal ini berarti mikroba tersebut melakukan adaptasi kondisi lingkungan muara. Muara merupakan pertemuan antara sungai dengan air laut, sehingga terdapat pencampuran antara air

tawar dengan air laut. Mikroba halotoleran merupakan mikroba yang dapat menyesuaikan kondisi ini. Selain muara terdapat juga payau yang memiliki kadar garam yang lebih rendah. Contoh mikroba yang hidup di kedua ekosistem ini adalah *Karinia brevis*, *Pfiesteria piscidia*, *Rhodospirillum* dan *Chlorobium*.

Pada ekosistem samudra atau laut, tantangan yang dihadapi cukup berat yaitu gelombang air yang kuat, kadar garam yang tinggi dan tekanan udara. Semakin dalam dalam suatu perairan maka gelombang air laut juga akan semakin kuat, juga tekanan udaranya akan semakin tinggi. Organisme selain terdapat di permukaan laut juga terdapat pada sedimen laut. Pada sedimen laut ini organisme disebut bentos. Daerah sedimen yang banyak memiliki organisme, disebut daerah bentik (*benthic zone*). Beberapa mikroba yang hidup di laut antara lain *Trichodesmium*, *Planctomyces*.

Daratan merupakan bagian bumi yang banyak sekali atau kaya sekali akan keragaman biodiversitasnya. Banyak sumber nutrisi yang bisa digunakan oleh organisme. Mikroba di daratan sangat terbantu kehidupannya dengan sumber nutrisi yang ada. Mikroba dapat hidup di pori-pori tanah, permukaan tanah, pada akar tanaman. Contoh-contoh mikroba yang hidup di daratan antara lain golongan *Streptomyces*, *Mycorrhiza*, dll. Mikroba yang hidup ini penting sekali dalam siklus nitrogen maupun nutrisi lain di daratan. Sehingga bukan hanya menunjang kehidupan mikroba itu sendiri tetapi juga organisme lain.

2. Latihan

Contoh soal :

- a. Jelaskan kondisi ekosistem perairan dan daratan
- b. Jelaskan tantangan yang dihadapi mikroba di perairan dan daratan

3. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Mahasiswa diharapkan memahami mikroba-mikroba yang hidup di perairan dan daratan. Soal-soal yang diberikan harus dijawab oleh mahasiswa dan menggambarkan kemampuannya memahami materi pembelajaran kali ini.

N. Kegiatan Belajar 11 (Respon imun terhadap serangan mikroba)

1. Uraian Kegiatan

Mikroba bisa juga menyebabkan penyakit. Meskipun demikian, jumlah mikroba yang menyebabkan penyakit (mikroba patogen) masih lebih sedikit dibandingkan dengan mikroba yang bermanfaat.

Mikroba patogen memiliki patogenesitas, yaitu kemampuannya menyebabkan penyakit. Hal ini berbeda-beda untuk setiap mikroba patogen. Infeksi dari mikroba patogen ini bisa ditularkan dari satu spesies ke spesies yang lain. Bahkan ada juga beberapa mikroba patogen yang bisa disebarkan lintas jenis organisme, misalnya ditularkan dari hewan ke manusia atau dari tanaman ke manusia.

Mikroba patogen ini tentu saja dapat menyebabkan penyakit baik pada manusia, hewan maupun tumbuhan. Sumber penularannya sangat bervariasi, bisa melalui udara, makanan terkontaminasi, kelenjar mukosa bahkan juga melalui hubungan seksual. Penularan melalui udara bisa terjadi melalui droplet maupun udara yang terkontaminasi.

Respon imun terhadap serangan mikroba terdiri dari respon imun non spesifik dan spesifik. Respon imun non spesifik merupakan respon imun yang telah ada sebelum terjadinya infeksi mikroba, sehingga bersifat non spesifik. Semua mikroba akan dilawan oleh respon imun non spesifik ini. Respon imun non spesifik ini merupakan respon imun yang pertama kali akan dihadapi oleh mikroba. Namun, respon imun spesifik tidak akan berdiri sendiri, akan dibantu oleh respon imun spesifik. Respon imun spesifik ini cirinya adalah baru terbentuk kalau sudah terjadi infeksi. Selain itu respon imun spesifik sesuai dengan namanya bersifat spesifik

untuk mikroba tertentu. Sehingga respon imunnya bertahan lama, bahkan ada beberapa yang berlangsung seumur hidup.

Terdapat virus yang bersifat patogen pada manusia, tumbuhan dan tumbuhan. Pada manusia contoh virus yang menyebabkan penyakit sangat dikenal. Virus bisa menyebabkan infeksi pada saluran pernafasan. Contohnya adalah virus influenza yang bisa menyebabkan penyakit influenza. Selain itu juga terdapat virus yang menyebabkan pneumonia, faringitis dan bronkiolitis. Pada kulit, virus juga dapat menyebabkan penyakit. Herpesvirus dan Papillomavirus merupakan contoh-contoh virus yang bisa menyebabkan penyakit pada kulit. Virus juga dapat ditularkan melalui pertukaran darah dari individu satu ke individu lain. Contoh virus yang bisa ditularkan dengan cara ini adalah HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) dan HCV (*Hepatitis C Virus*) yang menyebabkan epidemi global. Beberapa virus bahkan ditularkan melalui perantara insekta/serangga. Contohnya pada virus Dengue yang menyebabkan penyakit demam berdarah.

Beberapa virus juga dapat menyebabkan kanker, yaitu suatu jaringan abnormal yang tumbuh pada bagian tubuh dan bisa menyebar ke jaringan atau organ lain. Contohnya adalah Epstein Barr Virus, HCV, dan HPV (*Human Papilloma Virus*). Kemampuan menyebabkan kanker ini disebabkan karena proto-onkogen pada virus. Mutasi yang terjadi pada proto-onkogen menyebabkannya menjadi onkogen yang bersifat sangat aktif menstimulasi terjadinya kanker.

Virus yang menyerang tumbuhan yang sangat dikenal adalah virus TMV (*Tobacco Mosaic Virus*). Virus ini menyebabkan pola mosaik pada daun, warna hijau daun yang memudar sehingga bisa menyebabkan kematian tanaman yang dimaksud.

Bakteri juga dapat menyebabkan penyakit pada beberapa daerah seperti saluran pernafasan, mukosa, pencernaan, ditularkan juga melalui makanan, udara, pertukaran darah, dll. Bakteri yang menyerang saluran nafas contohnya adalah bakteri *Corynebacterium diphtheriae* yang menyebabkan batuk parah dan bisa

menyebabkan kematian. Penyakit ini dapat dicegah dengan imunisasi difteri. Selain itu terdapat juga faringitis yang disebabkan oleh bakteri golongan *Streptococcus*. Faringitis ini merupakan peradangan yang terjadi pada daerah faring. Peradangan ini timbul sebagai reaksi respon imun non spesifik terhadap infeksi bakteri dan virus.

Infeksi bakteri *Escherichia coli* pada saluran pencernaan dapat menyebabkan diare. Bakteri *Vibrio cholera* merupakan penyebab penyakit kolera yang dapat mengakibatkan kematian. Selain itu terdapat juga *Helicobacter pylori* yang dapat menyebabkan penyakit tukak lambung. Penyakit ini pada awalnya diyakini bukan disebabkan oleh bakteri. Tetapi berkat penelitian, diketahui kemudian bahwa penyakit ini disebabkan karena bakteri.

Cara pengontrolan mikroba sebagai penyebab penyakit bisa dilakukan dengan pemberian anti mikroba. Hal ini akan sangat membantu respon imun tubuh dalam eliminasi mikroba patogen. Antimikroba ini bisa berupa anti virus, anti bakteri (antibiotik) dan anti fungal. Masing-masing antimikroba memiliki target tertentu pada mikroba. Misalnya antibiotik bersifat merusak membran sel bakteri sehingga bakteri akan mati.

2. Latihan

Contoh soal :

- a. Apakah yang dimaksud dengan mikroba patogen?
- b. Lewat jalur apa sajakah mikroba bisa menyebabkan penyakit dan ditularkan?
- c. Berikan contoh virus, bakteri dan jamur patogen
- d. Apakah yang dimaksud dengan anti mikroba

3. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Mahasiswa diharapkan memahami mikroba-mikroba patogen dan bagaimana respon imun mengatasinya. Mahasiswa juga harus tahu bagaimana pengontrolan mikroba dengan anti mikroba. Soal-soal yang diberikan harus dijawab oleh mahasiswa dan menggambarkan kemampuannya memahami materi pembelajaran

kali ini. Penilaian terhadap mahasiswa ditentukan dari ketepatan dalam menjawab soal serta kemampuannya menerangkan jawaban tersebut.

O. Kegiatan Belajar 12 (Mengerjakan Tugas Terstruktur)

Mahasiswa diberikan tugas membuat presentasi mengenai penyakit-penyakit yang disebabkan oleh mikroba, baik itu virus, bakteri maupun jamur. Agen patogen yang dipilih dalam satu kelompok ditentukan sendiri oleh anggota kelompok, tetapi di dalam satu kelas harus mewakili ketiga jenis mikroba. Tema yang harus termuat dalam presentasi adalah nama dan jenis agen patogen, tempat hidup agen patogen tersebut di dalam tubuh, cara penularan, epidemiologinya, pencegahannya dan cara penanganannya. Sumber referensi bisa berasal dari buku ajar dan jurnal penelitian.

Penilaian presentasi didasarkan pada (a) penguasaan materi, (b) Kesesuaian materi presentasi dengan tema, (c) Kemampuan menjawab pertanyaan, (d) Sistematika presentasi, (e) Bahasa yang digunakan dan (f). Penampilan materi presentasi.

P. Kegiatan Belajar 13 (Pemanfaatan Mikroba dalam Rekayasa Genetika)

1. Uraian Kegiatan

Teknik rekayasa genetika merupakan suatu teknik yang memanfaatkan materi genetik untuk hal-hal yang bermanfaat dalam kehidupan. Hal ini dilakukan dengan memodifikasi sekuen genetik dari organisme tertentu. Seperti contohnya pembuatan vaksin untuk sekarang ini banyak menggunakan rekayasa genetika. Gen dari virus atau bakteri patogen dimodifikasi sedemikian rupa sehingga dihasilkan materi genetik mikroba yang tidak infeksius namun mampu menstimulasi respon imunitas tubuh. Teknik rekayasa genetik pada pembuatan vaksin ini mulai dilirik dikarenakan dapat menghasilkan vaksin dengan biaya produksi yang lebih rendah dan waktu pengerjaan yang lebih cepat dibandingkan dengan sintesis biasa.

Rekayasa genetika terdiri dari beberapa teknik, seperti reaksi berantai polimerase (PCR), kloning, elektroforesis, restriksi DNA, ligasi DNA, dll. Teknik-teknik ini tentu saja memerlukan pembelajaran lebih lanjut.

Mikroba merupakan bagian tak terpisahkan dalam rekayasa genetika ini. Materi genetik bakteri, yaitu plasmid, sangat diperlukan dalam proses kloning. Kemampuannya untuk bereplikasi sangat cepat dan ini merupakan salah satu keunggulannya. Plasmid ini juga dapat dimanfaatkan dalam membawa materi genetik modifikasi ke dalam mikroba lain. Plasmid juga membawa gen resistensi terhadap anti mikroba sehingga sangat diperlukan dalam proses penapisan.

Genome mapping pada virus juga diperlukan untuk mengetahui peran gen tertentu dalam kejadian suatu penyakit. Virus yang memiliki laju mutasi cukup tinggi memerlukan *genome mapping* ini.

Transformasi materi genetik yang termodifikasi juga memerlukan bakteri sebagai tempat materi genetik diperbanyak. Sifat mikroba yang cepat dalam bereplikasi memudahkan materi genetik ini diperbanyak.

Pemanfaatan mikroba dalam rekayasa genetik dapat dimanfaatkan dalam bidang kedokteran, pangan, lingkungan maupun bioenergi. Pemanfaatan dalam bidang kedokteran seperti dilakukan untuk pembuatan vaksin dan hormon, dalam bidang pangan seperti dalam pembuatan bibit unggul, dalam bidang lingkungan misalnya dalam bioremediasi dan bioenergi dalam pembuatan sumber energy baru terbarukan.

2. Latihan

Contoh soal :

- a. Apakah yang dimaksud dengan rekayasa genetika?
- b. Bagaimanakah mikroba berperan dalam teknologi rekayasa genetika?
- c. Berikan contoh pemanfaatan rekayasa genetika di bidang kedokteran
- d. Berikan contoh pemanfaatan rekayasa genetika di bidang pangan

3. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Soal-soal mengenai pemanfaatan mikroba dalam rekayasa genetika diharapkan dapat dijawab oleh mahasiswa dengan tepat dan benar. Pemanfaatan mikroba ini tidak lepas dari bioteknologi, baik bioteknologi pangan maupun kedokteran. Bagi mahasiswa yang masih belum memahami mengenai pokok bahasan kali ini akan diberikan kesempatan seluas-luasnya untuk berdiskusi.

Q. Kegiatan Belajar 14 (Mengerjakan Tugas Terstruktur)

Mahasiswa mencari jurnal ilmiah yang membahas mengenai pemanfaatan mikroba dalam rekayasa genetika. Pemanfaatan ini bisa di bidang kedokteran, pangan, bioenergi maupun remediasi. Jurnal yang telah dipilih kemudian dibuat presentasi di depan kelas. Penilaian didasarkan pada (a) ketepatan pemilihan jurnal, (b) pemahaman isi jurnal, (c) Kemampuan menjawab pertanyaan, (d) Sistematika presentasi, (e) Bahasa yang digunakan dan (f). Penampilan materi presentasi

R. Daftar Pustaka

1. Brooks, G.F et al. 2013. *Jawetz, Melnick and Adelberg's Medical Microbiology*. 26th Ed. Mc.Graw-Hill Companies. New York.
2. Willey, J.M et al. 2008. *Prescott, Harley and Klein's Microbiology*. 7th Ed. Mc.Graw-Hill
3. Pommerville, J.C. 2011. *Alcamo's Fundamentals of Microbiology*. 9th Edition. Jones and Bartlett Publisher. Massachusetts.