

BAB 1

PENDAHULUAN

A. RUANG LINGKUP MIKROBIOLOGI

Mikrobiologi merupakan ilmu tentang mikroorganisme, yang mencakup bermacam-macam kelompok organisme mikroskopik yang terdapat sebagai sel tunggal maupun kelompok sel, termasuk kajian virus yang bersifat mikroskopik meskipun bukan termasuk sel.

Mikroorganisme (disebut juga mikroba, mikrobia, atau jasad renik) adalah jasad hidup yang mempunyai ukuran yang sangat kecil, tanpa bantuan alat perbesaran seperti mikroskop, sulit sekali untuk dilihat dan diamati bentuknya secara baik. Sel mikroorganisme, terutama kelompok prokariot seperti bakteri dan ganggang biru dapat dibedakan dari sel tumbuhan dan hewan, salah satunya adalah dilihat dari struktur selnya yang tidak memiliki membran inti. Umumnya dapat hidup bebas di berbagai habitat secara kosmopolitan, dan dapat hidup sebagai bagian dari organisme multiseluler (sebagai parasit). Sel tunggal mikroorganisme memiliki kemampuan untuk melaksanakan aktivitas kehidupan antara lain dapat mengalami pertumbuhan, menghasilkan energi dan bereproduksi dengan sendirinya.

Beberapa aspek yang dibahas dalam mikrobiologi, antara lain mengkaji tentang; 1) karakteristik sel hidup dan bagaimana mereka melakukan kegiatan; 2) karakteristik mikroorganisme, suatu kelompok organisme penting yang mampu hidup bebas, khususnya bakteri; 3) keanekaragaman dan evolusi, membahas perihwal bagaimana dan mengapa muncul bermacam-macam mikroorganisme; 4) keberadaan mikroorganisme pada tubuh manusia, hewan dan tumbuhan; 5) peranan mikrobiologi sebagai dasar ilmu pengetahuan biologi dan 6) bagaimana memahami karakteristik mikroorganisme dapat membantu dalam memahami proses-proses biologi organisme yang lebih besar termasuk manusia.

Dewasa ini kajian mikrobiologi mengalami perkembangan yang pesat. Kajian yang lebih khusus sebagai perkembangan dari ilmu mikrobiologi dapat dikelompokkan berdasarkan tujuannya, seperti berdasarkan taksonomi, habitat dan cakupan masalah

serta hubungannya dengan disiplin ilmu lain. Beberapa cabang kajian khusus mikrobiologi berdasarkan tujuan pengelompokannya bisa dilihat pada tabel 1-1.

Tabel 1-1 Ruang lingkup dan cabang kajian mikrobiologi

Dasar pengelompokan	Kajian mikrobiologi
TAKSONOMI	<ol style="list-style-type: none"> 1. Virologi: kajian tentang virus 2. Bakteriologi: kajian tentang bakteri 3. Mikologi: Kajian tentang jamur (fungi) 4. Algologi/fikologi: kajian tentang alga 5. Protozoologi: kajian tentang protozoa
HABITAT	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mikrobiologi tanah: kajian tentang kehidupan dan peranan mikroorganisme di dalam tanah 2. Mikrobiologi air : kajian tentang kehidupan dan peranan mikroorganisme di dalam air 3. Mikrobiologi rumen: kajian tentang kehidupan dan peranan mikroorganisme di dalam sistem lambung/usus hewan
KAITAN DENGAN ILMU LAIN DAN CAKUPAN MASALAH	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ekologi mikroorganisme: kajian tentang asosiasi kehidupan antara mikroorganisme dengan lingkungannya (ekologi) 2. Fisiologi mikroorganisme: Kajian tentang sifat faal mikroorganisme. 3. Genetika mikroorganisme: kajian tentang sifat-sifat menurun dan kebakaan pada mikroorganisme . 4. Mikrobiologi kesehatan: kajian tentang sifat dan peranan mikroorganisme dalam bidang kesehatan (penyakit, epidemiologi,

	vaksinasi dsb.) 5. Mikrobiologi industri: Kajian tentang sifat dan peranan mikroorganisme dalam proses indus
--	---

B. MIKROORGANISME SEBAGAI SEL

Sel merupakan unit dasar dari semua organisme. Individu suatu organisme dapat tersusun atas sel tunggal (uniseluler) atau oleh banyak sel (multiseluler). Sel tunggal merupakan satu kesatuan yang dapat dipisahkan dari membran sel yang membungkusnya, dan mengandung berbagai bahan kimia dan struktur subseluler. Membran sel merupakan selaput yang membatasi bagian dalam sel dengan lingkungan di luarnya. Membran sel melindungi berbagai senyawa kimia dan struktur subseluler sehingga sel tersebut dapat menjalankan fungsinya. Struktur penting dari sel mikroorganisme adalah inti sel atau “nukleoid”, tempat menyimpan informasi yang dibutuhkan serta komponen sitoplasma yang didalamnya terdapat “mesin” tempat berlangsungnya segala aktivitas biokimia sel, sehingga dapat menunjang fungsi pertumbuhannya.

Semua sel mengandung bentuk komponen senyawa kimia kompleks, antara lain: protein, asam nukleat, lipid dan polisakarida yang secara keseluruhan disebut makromolekul. Komponen senyawa kimia tersebut terdapat pada semua makhluk hidup, oleh karena itu semua sel diduga berasal dari satu “*ancestor*” tunggal yaitu “*universal ancestor*”. Proses evolusi yang berlangsung selama milyaran tahun, maka dewasa ini terbentuklah berbagai bentuk dan tipe sel.

Setiap macam sel memiliki suatu struktur dan ukuran tertentu, tetapi suatu sel merupakan unit yang dinamis, secara konstan berubah dan mengganti bagian-bagiannya. Bahkan ketika sel dalam keadaan tidak mengalami pertumbuhan, sel tersebut secara terus-menerus mengambil bahan-bahan dari lingkungannya dan mengolah dalam “pabrik” yang dimilikinya. Pada waktu yang bersamaan, sel tersebut secara terus menerus mengeluarkan bahan buangan ke lingkungannya. Proses demikian untuk menjaga keseimbangan dan keberlangsungan sel (“homeostatis”). Oleh karena itu suatu sel dianggap suatu sistem terbuka, selamanya berubah tapi secara umum tetap sama. Secara biokimia setiap macam sel dari

berbagai jenis organisme memiliki prinsip “Unity of Biochemistry”, yaitu adanya kesamaan dalam aktivitas biokimia dari semua tipe sel untuk melangsungkan kehidupannya. Aktivitas tersebut terdiri dari proses sintesis komponen makromolekul dan proses katalisis bahan untuk menghasilkan energi

C. STRUKTUR SEL

Berbagai macam tipe sel dewasa ini sangat beranekaragam, baik bentuk, ukuran, jenis dan sifatnya. Adanya variasi tipe sel ini menunjukkan terjadinya perkembangan evolusi makhluk hidup yang ada di bumi ini. Setiap tipe sel memiliki ciri dan karakteristik yang berbeda dari tipe sel lainnya. Berdasarkan kelengkapan struktur inti selnya (nukleus), terdapat dua tipe sel dari berbagai jenis organisme, yaitu: **pertama** sel prokariot (*pro* berarti primitif dan karyon: berarti inti), yaitu kelompok sel yang memiliki ciri bahwa inti sel tidak dilindungi oleh suatu membran (pembungkus sel) serta tidak memiliki kelengkapan organel lainnya. Contoh yang termasuk ke dalam kelompok sel prokariot adalah bakteri dan ganggang biru. Dalam Klasifikasi kelompok sel prokariot termasuk dalam Kingdom Procariota, yang meliputi Eubakteri dan Archaeobakteri (bakteri purba). **Kedua**, sel Eukariot (*eu* berarti inti sebenarnya) memiliki inti sel yang dilindungi oleh membran ditemukan pada semua organisme termasuk alga, fungi, protozoa, tumbuhan dan hewan.

Perbedaan yang lebih detail antara sel prokariot dan eukariot dapat dilihat dari beberapa karakter atau sifat tertentu, antara lain dari gambaran sitologi, gambaran nutrisi, gambaran enzim, gambaran genetika (komponen molekuler) dan sebagainya. Seperti terlihat pada table 1-2.

Tabel 1-2 Perbedaan karakteristik Sel Prokariot dan Eukariot

Karakteristik	Prokariot	Eukariot
GAMBARAN SITOLOGI		
Nukleoplasma (genofor, nukleoid) dipisahkan dari sitoplasma oleh suatu sistem unit-membran	-	+
Ukuran luas sel terkecil (lebar atau diameter)		
Biasanya 0,2-2,0 μm	+ ^b	-
Biasanya >2,0 μm	-	+
Mitokondria	-	+

Kloroplas pada organisme fototrof	-	+
Vakuola, jika terdapat, dilindungi oleh unit membran	-	+
Vakuola gas ^c	D	-
Badan Golgi	-	D
Lisosom	-	D
Sistem mikrotubul	- ^d	D
Retikulum endoplasma	-	+
Tempat ribosom:		
Menyebar dalam sitoplasma	+	-
Melekat pada retikulum endoplasma	-	+
Aliran sitoplasma, gerakan pseudopodia, endositosis, dan eksositosis	-	D
Pembelahan sel disertai perubahan putaran teksturnya atau pewarnaan nukleoplasma dan sitoplasma	-	+
Flagela, jika ada:		
Diameter : 0,01-0,02 μm	+	-
Lebih dari 0,2 μm	-	+
Pada penampang melintang, mempunyai suatu sifat susunan "9 + 2" mikrotubul	-	+
Endospora ^e	D	-
KERENTANAN TERHADAP ANTIBIOTIK		
Rentan terhadap:		
Penisilin, streptomisin, atau antibiotik khusus lain untuk prokariot	D	-
Sikloheksimid atau antibiotik khusus lain untuk Eukariot	-	D
GAMBARAN DASAR MENURUT ANALISIS KIMIA		
Poli-β-hidroksibutirat (sebagai senyawa cadangan dalam sitoplasma)	D	-
Asam teikoat (pada dinding sel)	D	-
Kemungkinan terdapat asam lemak takjenuh (pada membran)	Jarang	Lazim
Asam lemak siklopropan dan asam lemak (pada membran)	Lazim	Jarang
Sterol (pada membran)	- ^f	Lazim
Asam diaminopimelat (pada dinding sel)	D ^g	-
Asam muramat (pada dinding sel)	D ^h	-
Peptidoglikan (mengandung asam muramat) pada	D ^h	-

dinding sel		
NUTRISI		
“Nutrien” yang dibutuhkan oleh sel sebagai molekul kecil terlarut; Untuk persediaan sebagai sumber nutrien, bahan partikulat atau molekul besar yang harus dihidrolisis menjadi molekul kecil oleh enzim yang dikeluarkan ke membran plasma	+	D
GAMBARAN METABOLIK		
Fungsi respirasi dan fotosintesis dan pigmen terkait dan enzim (klorofil, sitokrom), jika ada, berhubungan dengan membran plasma atau pelipatan sebagian dalam membran (invaginasi).	+ ¹	-
Metabolisme tipe kemolitotrof (senyawa anorganik dapat digunakan sebagai donor elektron oleh organisme yang menghasilkan energi dari senyawa kimia).	D	-
Kemampuan fixasi N ₂	D	-
Kemampuan disimilasi NO ₃ ⁻ menjadi N ₂ O atau N ₂	D	-
Metanogenesis	D	-
Kemampuan melakukan fotosintesis anoksigenik	D	-
GAMBARAN ENZIM		
Tipe dismutase superoksida :		
Tipe Cu-Zn	- ^j	+
Tipe Mn dan/atau Fe	+	- ^k
GAMBARAN REPRODUKTIF		
Pembelahan sel melalui mitosis, dan terdapat suatu sistem mikrotubul (benang spindle)	-	+
Meiosis	-	D
Mekanisme transfer gen dan rekombinasi, jika terjadi, melibatkan gametogenesis dan pembentukan zigot	-	+
KOMPONEN BIOLOGI MOLEKULER		
Jumlah kromosom per nukleoid	Biasanya 1	Biasanya > 1
Kromosom sirkuler	+	-
Kromosom linier	-	+
Konstanta Pengendapan ribosom:		
70S	+	- ^l
80S	-	+
Konstanta Pengendapan RNA ribosom:		
16S, 23S, 5S	+	-
18S, 28S, 5,85S, 5S	-	+
Jenis asam amino untuk memulai suatu rantai polipeptida		

selama sintesis protein:		
Methionin	D	+
N-Formylmethionin	D	-
Tempat pengikatan m-RNA pada AUCACCUCC pada ujung 3' dari RNA ribosom 16S atau 18S	+	-

Keterangan:

- a Simbol: + = positif; - = negatif; D = berbeda di antara organisme.
- b Sejumlah bakteri (contoh, *Treponema* tertentu, *Mycoplasma*, *Haemobartonella*) dapat memiliki ukuran lebar 0,1 μm , sejumlah bakteri (contoh, *Achromatium*, *Macromonas*) dapat memiliki ukuran lebar lebih dari 10 μm .
- c Vakuola gas tidak dilindungi oleh suatu unit membran, vesikula yang menyusun vakuola dapat mengalami kerusakan karena perlakuan tekanan hidrostatis secara tiba-tiba, sebagai dasar identifikasi).
- d Fibril intraseluler tertentu seperti mikrotubul, sudah dilaporkan berada pada *Spiroplasma*, *spirochaeta* tertentu, cyanobakterium *Anabaena*, dan bakteri bentuk L.
- e Endospora bakteri biasanya resisten terhadap pemanasan 80° C selama 10 menit, bagaimanapun, beberapa tipe endospora mungkin mati oleh pemanasan tersebut dan diperlukan pengujian pada temperatur yang lebih rendah.
- f Kecuali pada membran sebagian besar *Mycoplasma*.
- g Sebenarnya terdapat pada semua eubakteria Gram-negatif dan beberapa bakteri Gram-positif.
- h Terdapat pada dinding Eubakteria kecuali *Chlamydiae*; tidak terdapat pada Archaeobakteria.
- i Pada *Cyanobacteria* terdapat suatu membran sitoplasma yang berdiri sendiri dan membran tilakoid.
- j Dengan sejumlah kecil perkecualian, seperti pada *Photobacteria*.
- k Kecuali pada mitokondria, dimana terjadi tipe Mn.
- l Kecuali pada mitokondria dan kloroplas, yang memiliki ribosom berukuran 70S.

D. SEJARAH SINGKAT MIKROBIOLOGI

Sejarah dan perkembangan bidang mikrobiologi mengalami masa dan periode yang panjang, diawali dengan periode spekulasi dan perintisan. Pada periode ini para ahli falsafah, ahli kedokteran atau ahli-ahli ilmu pengetahuan lainnya terutama biologi dan kimia, mencari jawaban dari berbagai masalah yang timbul di lingkungannya, terutama yang berhubungan dengan aspek kehidupan pada masa itu, diantaranya:

- a. Bagaimana dan dari mana kehidupan ini berasal ?
- b. Mengapa dan bagaimana penyakit dapat menyebar dan menular ?
- c. Proses apa yang terjadi, sehingga bahan makanan menjadi rusak, busuk, berlendir ?
- d. Apa yang terjadi dengan luka yang kemudian membengkak dan menjadi bernanah ?

Pada periode ini para ahli mencoba membuat batasan atau postulat tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan kehidupan, terutama dengan masalah kehidupan yang tidak tampak atau kehidupan mikroorganisme. Munculnya anggapan bahwa kehidupan terjadi dengan sendirinya secara spontan (“*generatio spontaneous*”) yang lebih dikenal dengan teori “*Abiogenesis*” terjadi pada periode ini. Anggapan tersebut kemudian mendapat tantangan yang cukup hebat dari para ahli biologi pada masa tersebut. Tokoh yang gigih mempertahankan teori *abiogenesis* diantaranya adalah John Needham (1713-1781), beliau melakukan percobaan dengan daging yang dimasak dan mengamati bahwa terdapat mikroorganisme pada awal percobaan dan berkesimpulan bahwa jasad-jasad tersebut berasal dari daging. Selama beberapa tahun teori *abiogenesis* diterima oleh para ahli pada saat itu, tetapi selang beberapa waktu kemudian banyak para ahli biologi, kimia, kedokteran dan ahli lainnya yang tidak setuju dengan teori tersebut.

Francesco Redi (1626-1697) seorang ahli kedokteran Italia mencoba membuktikan ketidak-benaran pendapat “*generatio spontanea*” dengan membuat percobaan-percobaan yang hasilnya menyatakan bahwa hewan kecil (lalat) yang muncul pada berbagai substrat berasal dari telur yang diletakkan induknya. Seorang ahli Italia lainnya yaitu Lazzaro Spallanzani (1729-1799) melakukan serangkaian percobaan dengan memasukkan substrat berupa senyawa-senyawa organik ke dalam botol labu, bagian atas botol ditutup rapat kemudian dipanaskan (supaya steril). Setelah disimpan beberapa lama, ternyata tidak ditemukan kehidupan dalam botol tersebut, hal ini berbeda dengan botol yang tidak dipanaskan (sebagai kontrol) yang menjadi busuk dan ditumbuhi berbagai kehidupan jasad renik.

Selanjutnya seorang ahli kimia berkebangsaan Perancis dengan ulet melakukan serangkaian percobaan untuk membuktikan ketidakbenaran teori *abiogenesis* yaitu Louis Pasteur (1822-1895). Pasteur melakukan percobaan dengan merancang alat berupa labu yang dilengkapi dengan tabung panjang berbentuk leher angsa. Ia mempersiapkan larutan nutrisi berupa cairan kaldu kemudian memasukkannya ke dalam labu, yang sebelumnya dipanaskan terlebih dahulu. Setelah itu dibiarkan beberapa lama dan udara tanpa perlakuan apapun dan tanpa disaring dibiarkannya keluar masuk labu tersebut. Setelah diinkubasikan beberapa lama ternyata tak ditemukan kehidupan mikroorganisme dalam labu tersebut. Alasannya bahwa partikel-partikel debu yang

mengandung mikroorganisme tidak mencapai larutan nutrisi, mereka mengendap dalam bagian tabung leher angsa yang berbentuk huruf U dan aliran udara berkurang, sehingga partikel-partikel tadi tidak terbawa ke dalam labu. Apabila labu yang berisi nutrisi kemudian penyimpanannya diletakan secara miring, sehingga memungkinkan partikel debu memasuki labu lewat aliran udara, maka setelah beberapa lama disimpan ditemukan kehidupan mikroorganisme pada labu tersebut.

Hasil percobaan ini memberikan bukti kuat kepada para ahli akan ketidakbenaran teori abiogenesis dan selanjutnya para ahli pada masa itu menerima teori baru mengenai asal mula kehidupan dengan yaitu teori “biogenesis”, yang berarti kehidupan berasal dari kehidupan sebelumnya. Pasteur juga menghasilkan karya-karya di bidang mikrobiologi yang sangat terkenal, diantaranya tentang fermentasi dan mikroorganisme penyebab penyakit dan muncullah teori nutfah fermentasi dan teori nutfah penyakit.

Sejarah perkembangan mikrobiologi kemudian memasuki periode keemasan dengan ditemukannya alat bantu mikroskop untuk mengamati jasad renik. Pada tahun 1664 Robert Hooke, menggambarkan struktur reproduktif dari *Moulds* (sejenis kapang), tetapi orang pertama yang dapat melihat mikroorganisme yaitu seorang pembuat mikroskop amatir berkebangsaan Jerman yaitu Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723), menggunakan mikroskop dengan konstruksi yang sederhana. Dengan mikroskop tersebut, dia dapat melihat organisme sekecil mikroorganisme. Selanjutnya penemuan berbagai jenis alat serta metodologi yang khusus di bidang mikrobiologi terjadi pada masa itu. Robert Koch berkebangsaan Jerman pada tahun 1881 menemukan metode tentang isolasi, pembuatan preparat dan identifikasi mikroorganisme, sehingga biakan mikroorganisme dapat diperoleh secara murni (biakan murni). Penemuan berbagai metode untuk mengidentifikasi mikroorganisme patogen, merupakan langkah jauh dalam bidang mikrobiologi, yang mengikutsertakan disiplin ilmu lain, sehingga masalah yang menyangkut kehidupan dapat ditemukan dan dikembangkan, seperti dalam bidang imunologi.

Pada abad ke-19, konstruksi mikroskop mulai ditingkatkan, banyak tersedia dan disebarluaskan. Tekni dasar mikrobiologi yang dibutuhkan untuk mempelajari mikroorganisme yang ditemukan tidak berkembang sebelum ditemukannya mikroskop. Pada abad ke-19, penelitian mengarah pada pengembangan teknik

tersebut dan menghasilkan prosedur dasar laboratorium mikrobiologi dalam mengisolasi, mengkultivasi dan mengidentifikasi mikroorganisme .

E. PERKEMBANGAN MIKROBIOLOGI PADA ABAD KE-20

Pada abad ke-20 lapangan bidang mikrobiologi berkembang secara cepat menjadi dua arah, yaitu dasar dan terapan. Pada bidang terapan kemajuan praktis yang dibuat Koch mengarah pada meluasnya perkembangan dalam bidang kedokteran dan imunologi. Ditemukannya beberapa bakteri patogen baru pada awal abad ke-20, ditemukan prinsip bahwa patogen tersebut dapat menginfeksi tubuh dan selanjutnya tahan terhadap sistem kekebalan tubuh. Hal ini terjadi akibat penggunaan berbagai antibiotik yang jumlah takarannya tidak tepat, sehingga menyebabkan terbentuknya proses kekebalan pada bakteri patogen.

Pada akhir abad ke-20, aplikasi mikrobiologi terutama dalam bidang pertanian mengalami kemajuan yang pesat, dengan ditemukannya pengetahuan proses dasar mikroba dalam tanah yang bermanfaat dan berbahaya bagi pertumbuhan tanaman, seperti ditemukannya bakteri pengikat nitrogen bebas dari udara yang bermanfaat dalam upaya peningkatan kesuburan tanah. Disamping itu ditemukan berbagai mikroorganisme patogen yang menyebabkan penyakit pada berbagai tanaman, sehingga dapat teridentifikasi cara pencegahannya.

Penelitian mengenai mikrobiologi terapan dalam bidang kedokteran dan industri mengarah pada peran penggunaan mikroba dalam pembentukan antibiotik dan industri kimia. Hal ini terjadi setelah Perang Dunia I, dan mengarah pada bidang mikrobiologi industri. Selanjutnya disiplin mikrobiologi juga menjadi dasar untuk penelitian proses mikroba dalam air seperti; sungai, danau, laut. Bidang ini dibahas khusus pada suatu studi yang dikelompokkan ke dalam bidang mikrobiologi lingkungan akuatik. Salah satu cabang mikrobiologi akuatik, mengembangkan proses yang menyediakan air yang aman untuk dikonsumsi manusia. Pengendalian limbah khususnya limbah domestik, membutuhkan perlengkapan proses rekayasa skala besar untuk pengolahan limbah yang sebagian besar menggunakan mikroba. Bidang mikrobiologi sanitasi, tidak hanya membutuhkan ahli biologi tetapi juga insinyur yang mampu merancang proses berskala besar. Mikrobiologi air minum bertugas untuk menyediakan air minum yang bebas mikroba patogen dan menghilangkan bakteri

yang berbahaya dalam sumber air tersebut. Akhir abad ke-20 semua subdivisi mikrobiologi terapan dalam bidang tersebut dimasukkan dalam ekologi mikroba.

Awal pertengahan abad ke-20, penemuan terpenting yaitu penemuan bakteri baru dan klasifikasinya (taksonomi bakteri). Klasifikasi bakteri membutuhkan penelitian tentang nutrisi yang dibutuhkan dan produk yang dihasilkannya, bidang fisiologi bakteri, dimana salah satu bagiannya melibatkan studi struktur fisik dan kimia bakteri, yang dibicarakan dalam sitologi bakteri. Perkembangan penting lainnya dalam bidang fisiologi bakteri adalah studi enzim yang dihasilkan oleh bakteri dan reaksi kimia yang dihasilkannya. Sedangkan genetika bakteri melibatkan studi tentang hereditas dan variasi bakteri selama pertumbuhan dan perkembangannya.

Perkembangan penting lainnya melibatkan studi virus, terutama setelah ditemukannya alat bantu mikroskop elektron yang dapat melihat mikroba sampai detail. Meskipun virus ditemukan pada akhir abad ke-19, tapi hal tersebut belum berkembang sampai diketahui sifat virus sebenarnya pada pertengahan abad ke-20. Penelitian melibatkan virus yang menginfeksi bakteri (bakteriofaga). Perkembangan lain, bahwa infeksi virus analog terhadap transfer genetik dan hubungan timbal-balik antara virus dengan elemen genetik lain yang merupakan awal penelitian bakteriofaga.

Pengetahuan kita mengenai proses dasar fisiologi, biokimia, genetika bakteri memberi kemajuan, menyebabkan kita dapat memanipulasi materi genetik sel, menggunakan bakteri sebagai alat penelitian, juga memungkinkan untuk menggabungkan bahan genetik dari sumber asing ke bakteri, mengendalikan replikasi, dan karakteristiknya, hal ini mengarah pada bioteknologi. Meskipun pada awalnya bioteknologi muncul sebagai penelitian dasar, jika hal ini digunakan untuk kesejahteraan manusia membutuhkan aplikasi dari prinsip fisiologi dan mikrobiologi industri, sebagai contoh bagaimana memajukan ilmu dasar dan terapan secara bersama-sama?. Pertama dilakukan pengurutan asam nukleat dan menggunakannya sebagai alat, untuk mempelajari hubungan filogenetik antara sesama organisme prokariot yang mengarah pada konsep baru revolusioner pada bidang klasifikasi biologi, sehingga sejarah evolusi dapat dipahami.

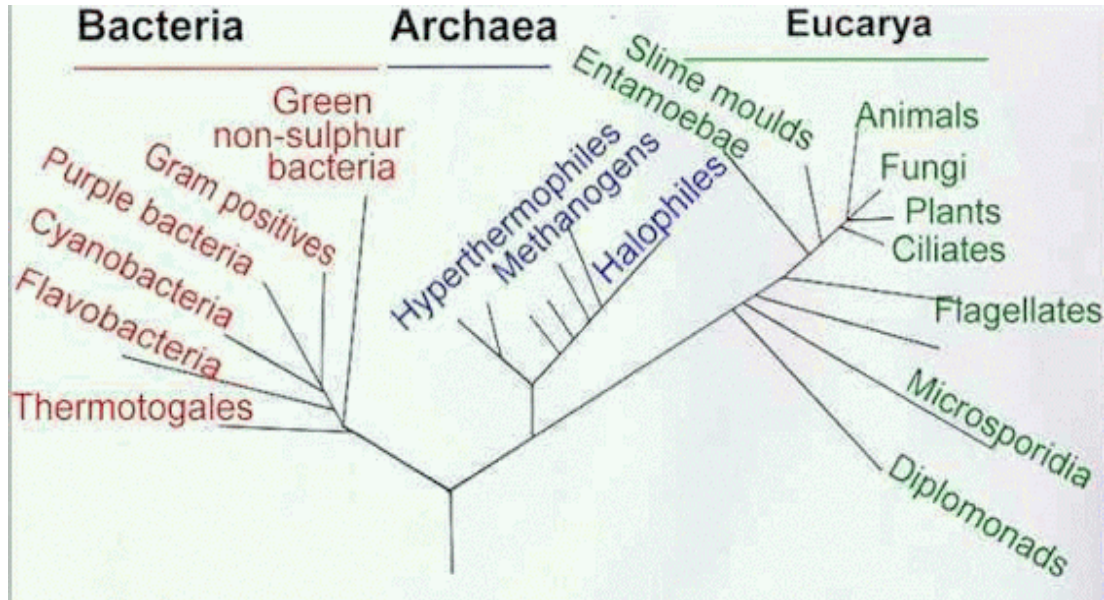
F. HUBUNGAN EVOLUSI ANTARA MIKROORGANISME DAN ORGANISME LAIN

Ketika muncul kehidupan di muka bumi sekitar 4 juta tahun yang lalu, tipe sel pertama yang berevolusi adalah sel prokariot. Selama lebih dari dua juta tahun tipe sel prokariot merupakan bentuk kehidupan di bumi ini. Bukti ini ditemukan sebagai lapisan sedimen batuan di daerah Greenland. Fosil tertua sel prokariotik berusia 3,5 juta tahun ditemukan di Australia Barat dan Afrika selatan. Komposisi kimia dari fosil ini memperlihatkan tipe metabolisme secara litotrofik dan fermentatif. Organisme prokariot fotosintetik berkembang dalam kelompok bakteri selama 3 juta tahun yang lalu dengan melakukan aktivitas fotosintesis anoksigenik. Bakteri tersebut hidup secara anaerobik dan mensintesis senyawa organik dari senyawa anorganik dengan proses fotosintesis tanpa menghasilkan Oksigen. Kelompok bakteri tersebut hidup lebih awal dari organisme fotosintesis oksigenik (fotosintesis yang terjadi pada tumbuhan yang menghasilkan oksigen).

Secara struktural sel dapat berdiferensiasi menjadi prokariot atau eukariot, namun struktur sel tidak langsung berhubungan secara evolusi. Bagaimana hubungan filogenetik antara mikroorganisme dengan organisme lainnya dapat ditentukan saat ini ? Salah satu metode yang digunakan pada saat ini adalah berdasarkan pada perbandingan urutan basa dari asam nukleat, khususnya urutan RNA ribosom. Struktur RNA ribosom merupakan struktur sel kunci yang terlibat dalam proses sintesis protein terutama pada tahap translasi. Salah satu penemuan terbaru dalam filogeni-biologi adalah diperoleh hubungan evolusi berdasarkan urutan basa nukleotida pada RNA ribosom, yang dapat digunakan sebagai suatu ukuran jauh dekatnya hubungan evolusi di antara organisme.

Berdasarkan urutan RNA ribosom tersebut dapat dibedakan 3 garis evolusi, yang menyatakan hubungan antara mikroorganisme dengan organisme lainnya yang ada di bumi ini, yaitu dua kelompok organisme prokariot (Archaeobacteria dan Bakteria) dan satu kelompok eukariot yaitu Eukaria. Secara evolusi diduga Eukaria merupakan bentuk endosimbiosis dari organisme prokariot. Hal ini dapat diketahui dari tipe ribosom pada organel-organel tertentu, seperti ribosom mitokondria dan kloroplas. Pada sel eukaria memiliki tipe ribosom berukuran 70 S (S= satuan

sedimentasi: SVEDBERG). Hubungan evolusi antara ketiga kelompok organisme ini dapat dilihat pada gambar 1-1.



Gambar 1-1 Gambaran umum tiga garis pohon filogenetik evolusi makhluk hidup berdasarkan urutan untai tunggal RNA ribosomal (ssRNA). Ketiga kelompok utama yang hidup tersebut adalah: Arhaebakteria, Bacteria dan Eukarya (Sumber: dari R Woese (1994) *Microbiological Reviews* dalam Deacon,J. 2003)

G. PERANAN MIKROORGANISME DALAM KEHIDUPAN MANUSIA

Salah satu kajian bidang mikrobiologi adalah bagaimana mikroorganisme dapat bekerja dan memberikan manfaat bagi kesejahteraan umat manusia. Penggunaan mikroorganisme dapat diterapkan dalam berbagai bidang kehidupan, seperti: bidang pertanian untuk meningkatkan produktifitas hasil pertanian; bidang makanan dan industri untuk menghasilkan produk makanan alternatif yang kaya dengan gizi serta dapat membatasi kerusakan bahan pangan dan hasil olahan makanan. Dalam bidang kesehatan penggunaan mikroorganisme dapat mengetahui lebih dalam tentang penyakit infeksi, penyebarannya serta cara pengobatannya dengan berbagai cara seperti pemberian antibiotika. Dalam bidang lingkungan penggunaan mikroorganisme diaplikasikan dalam pemulihan dan remediasi lingkungan yang tercemar.

Beberapa contoh dapat dikemukakan manfaat mikroba untuk kepentingan dan kesejahteraan umat manusia, dalam beberapa bidang, antara lain:

- a. Bidang pertanian seperti peningkatan kesuburan tanah melalui fiksasi N_2 , siklus

- nutrien, peternakan hewan;
- b. Bidang makanan dan industri, seperti metode pengawetan makanan, metode fermentasi makanan, dan penemuan makanan tambahan;
 - c. Bidang kesehatan, seperti identifikasi penyakit baru, obat dan pengobatan, pencegahan penyakit; vaksinasi, imunisasi, kemoterapi;
 - d. Bidang Lingkungan dan Energi, seperti ditemukannya bahan bakar hayati (metanol dan etanol), bioremediasi, pertambangan;
 - e. Bidang Bioteknologi, seperti modifikasi mikroorganisme secara genetik, produk farmasi, terapi gen untuk penyakit tertentu; produksi antibodi monoklonal dan sebagainya.

RANGKUMAN

Mikrobiologi merupakan kajian tentang dunia mikroorganisme, meliputi bermacam-macam kelompok organisme mikroskopik yang terdapat sebagai sel tunggal maupun kelompok sel.

Mikroorganisme (mikroba, mikrobia, jasad renik) adalah jasad hidup yang mempunyai ukuran yang sangat kecil, karenanya untuk mengamatanya perlu dibantu dengan bantuan alat perbesaran seperti mikroskop, sulit sekali untuk dilihat dan diamati bentuknya secara baik. Sel mikroba dapat dibedakan dari sel tumbuhan dan hewan, salah satunya secara struktural sel mikroba tidak memiliki membran inti, umumnya hidup secara kosmopolitan, bahkan dapat hidup sebagai bagian dari organisme multiseluler (parasit). Sel tunggal mikroorganisme memiliki kemampuan melangsungkan proses kehidupan, seperti tumbuh, menghasilkan energi, dan bereproduksi dengan sendirinya.

Sejarah dan perkembangan mikrobiologi mengalami perkembangan yang panjang, diawali dengan masa perintisan, untuk menjawab tentang asal kehidupan mikroorganisme kemudian berkembang dengan ditemukannya alat bantu seperti, mikroskop metode isolasi dan pembuatan preparat sehingga dapat lebih mengungkap peranan mikroorganisme bagi kesejahteraan umat manusia.

Kehidupan di muka bumi mengalami evolusi yang panjang, dengan didahului oleh mikroorganisme anaerobik kemudian bermunculan mikroorganisme aerobik yang beradaptasi dengan kehadiran oksigen.

Penggunaan mikroorganismen dalam berbagai bidang kehidupan umat manusia, telah dikembangkan untuk membantu dalam aplikasi bidang-bidang lain, seperti bidang pertanian, makanan, industri, lingkungan, kesehatan dan lain-lain.

PERTANYAAN DAN TUGAS

1. Kajian mikrobiologi meliputi segala aspek tentang mikroorganismen. Jelaskan karakteristik mikroorganismen dibandingkan dengan organismen lain, dilihat dari aspek: struktur, morfologi, fisiologi, genetika dan habitat atau ekologi !
2. Buatlah deskripsi perbedaan antara organismen prokariot dan eukariot dari aspek: sitologi, nutrisi dan metabolismen serta aspek biologi molekuler !
3. Jelaskan hubungan evolusioner antara kelompok prokariot dan eukariot ! Mengapa ada anggapan bahwa organismen eukariot merupakan hasil evolusi endosimbiosis organismen prokariot !
4. Tunjukkan bahwa peranan mikroorganismen sangat menunjang dalam bidang: kesehatan, pertanian, lingkungan dan bioteknologi !
5. Buatlah resume dari satu judul artikel atau jurnal mengenai perkembangan penelitian mikrobiologi pada 10 tahun terakhir, kemudian diskusikan dengan teman anda !

ISTILAH PENTING

- mikroorganismen
- prokariot
- eukariot
- abiogenesis
- biogenesis
- isolasi
- fotosintesis oksigenik
- fotosintesis anoksigenik
- litotrofik
- fermentasi
- imunologi