



**MODUL MATA KULIAH BIOLOGI SEL  
(NCA 103)**

Topik :

**SEL EUKARIOTA DAN SEL PROKARIOTA**

DISUSUN OLEH :

Dr. TITTA NOVIANTI, S.Si., M.Biomed.

Universitas  
**Esa Unggul**

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2020

## Sel Eukariota dan sel Prokariota

### A. Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan mahasiswa mampu :

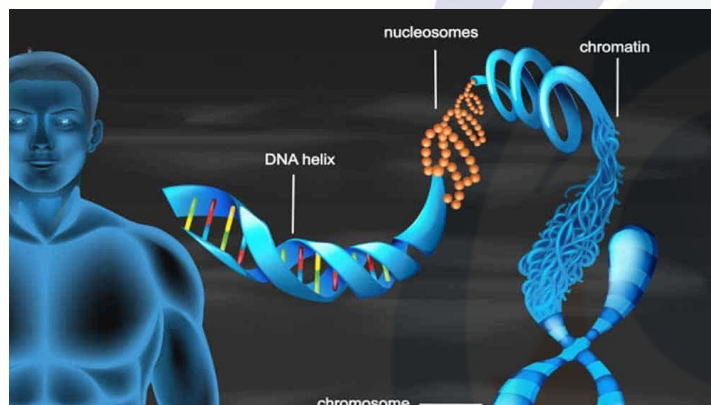
1. Menjelaskan pengertian dan struktur sel eukariota dan prokariota
2. Menganalisis perbedaan sel eukariota dan sel prokariota
3. Menjelaskan tentang struktur bakteri yang bersifat prokariota yang berkaitan dengan Kesehatan

### B. Uraian

#### 1. Pengertian

Struktur sel sangat kompleks dan terorganisasi. Kompleksitas struktur sel sangat nyata dan teratur. Seluruh organel-organel sel mempunyai struktur sendiri dan terjadi interaksi antar bagian sel ataupun antar organel agar dapat memelihara keberlangsungan aktivitas dan pertumbuhan sistem sel.

Sel akan terorganisir dengan baik sehingga proses sintesis protein, proses pembentukan energi, pembentukan membran sel, dan pembentukan organel lainnya akan terjadi dengan baik. Sel mempunyai materi genetik yang akan mengekspresikan protein berdasarkan informasi yang dikode dalam gen. Gen bukanlah sekedar tempat menyimpan informasi tetapi juga mengandung blueprint (cetakan) berupa untaian DNA yang berperan membentuk struktur sel dan mengatur aktivitas sel.



Gambar 1. Blue print materi genetika yang mengatur aktivitas tubuh

Sel membentuk dan menggunakan energi untuk proses perkembangan dan pemeliharaan sel. Oleh karena itu untuk menjaga agar aktivitas sel tetap berlangsung

perlu adanya masukan energi yang konstan. Pada tumbuhan sumber energi diperoleh dari energi matahari yang diserap oleh pigmen fotosintetik membentuk senyawa kimia sebagai sumber makanan bagi hewan dan manusia. Sehingga manusia dan hewan mendapatkan energi dari matahari melalui tumbuhan hasil proses fotosintesis.

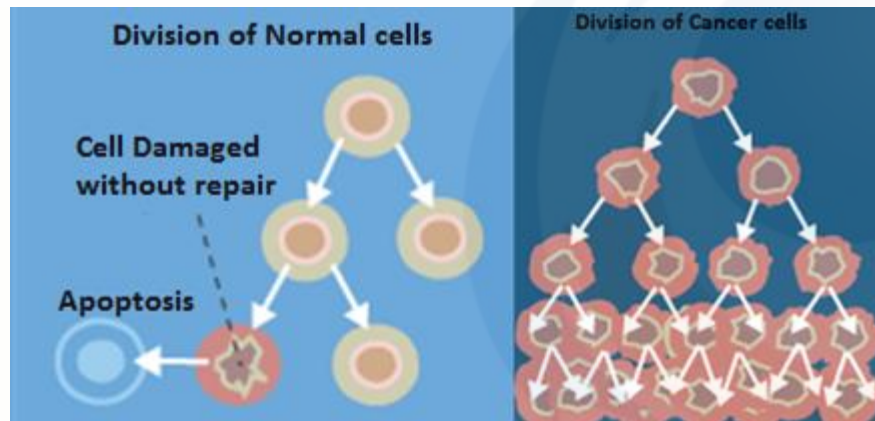
Sel mampu menghasilkan berbagai macam reaksi kimia, yang disebut sebagai reaksi metabolisme. Metabolisme adalah reaksi perubahan senyawa kimia kompleks menjadi senyawa kimia sederhana atau sebaliknya reaksi perubahan senyawa sederhana menjadi senyawa kompleks. Sel juga mampu melakukan aktivitas mekanik, yaitu adanya proses perpindahan materi zat dari luar sel ke dalam sel, proses pergerakan sel dari suatu tempat ke tempat lain seperti sel sperma, proses sekresi zat seperti kelenjar minyak, serta aktivitas fisik lainnya.



Gambar 2. AKTivitas fisik suatu sel pada sel kelenjar minyak dan sel sperma

Selain aktivitas fisik, sel juga mampu merespon stimulus, seperti sel saraf, sel indra, serta sel lainnya karena pada permukaan sel terdapat molekul reseptor yang akan mendapat menangkap sinyal dari luar. Pada sel protista, misalnya bakteri mampu bergerak ke arah sumber nutrisi. Pada organisme multiseluler umumnya respon stimuli ditangkap oleh reseptor yang akan berinteraksi dengan substansi yang terdapat dalam lingkungan.

Sel mampu membelah diri menjadi individu-individu baru melalui proses reproduksi sel. Sel akan berkembang biak melalui proses pembelahan sel, dari satu sel induk akan menghasilkan dua sel anak. Pada proses ini sifat-sifat yang dimiliki induk akan diwariskan ke keturunannya. Dengan mempelajari sel, banyak manfaat yang dapat diambil, di antaranya adalah memahami bahwa mekanisme kerja sel dapat dimanfaatkan untuk mematikan sel yang bersifat sel kanker, dapat menstimulasi sel untuk tidak lagi membelah diri, serta kebutuhan lainnya yang berdampak pada Kesehatan manusia.



Gambar 3 Perbandingan pertumbuhan sel normal dan sel kanker

Organisme yang hidup sekarang berasal dari satu sel induk yang ada pada berjuta-juta tahun yang silam. Sel induk ini secara bertahap dan pelan-pelan berubah untuk dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya, agar supaya dapat melangsungkan hidupnya. Perubahan struktural dan fungsional ini menimbulkan dua kelompok besar yang sekarang kita kenal dengan kelompok sel prokaryot dan eukaryot. Dua kelompok sel tersebut berbeda dalam ukuran dan struktur internalnya atau organel-organel yang terkandung di dalamnya.

## 2. Sel Prokariota

Kata *prokaryota* berasal dari Yunani πρό- (pro-) "sebelum" + κάρυόν (karyon) "kacang atau biji". Maka prokariota merupakan makhluk hidup yang tidak memiliki membran inti sel (= *karyon*). Sel prokariota tidak ada membran yang memisahkan DNA dari bagian sel lainnya, dan daerah tempat DNA terkonsentrasi di sitoplasma disebut nukleoid. Sedangkan eukariota memiliki membran inti sel. Semua prokariota adalah uniseluler, kecuali myxobacteria yang sempat menjadi multiseluler di salah satu tahap siklus hidup biologinya.

Dari segi evolusi maka kelompok prokaryot merupakan kelompok dengan struktur yang lebih sederhana dan ditemukan hanya pada bakteri dan semua bakteri adalah sel prokaryot. Sementara organisme lainnya seperti protista, fungi, tumbuhan dan hewan merupakan struktur yang lebih kompleks, termasuk kedalam kelompok sel eukaryot.

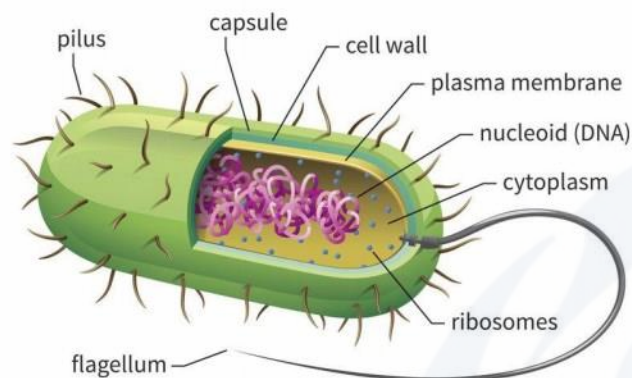
Kebanyakan prokariota merupakan organisme uniseluler dengan ukuran sel berdiameter 0,7–2,0  $\mu\text{m}$  dan volumenya sekitar 1  $\mu\text{m}^3$ , serta umumnya terdiri dari selubung sel, membran sel, sitoplasma, nukleoid, dan beberapa struktur lain. Hampir semua sel prokariotik memiliki selubung sel di luar membran selnya. Jika selubung tersebut mengandung suatu lapisan kaku yang terbuat dari karbohidrat atau kompleks karbohidrat-protein dan peptidoglikan lapisan itu disebut sebagai dinding sel.

Kebanyakan bakteri memiliki suatu membran luar yang menutupi lapisan peptidoglikan, dan ada pula bakteri yang memiliki selubung sel dari protein. Selubung sel prokariota mencegah sel pecah akibat tekanan osmotik pada lingkungan yang memiliki konsentrasi lebih rendah daripada isi sel.

Genom dari prokariota berada dalam suatu kompleks DNA/protein dalam sitosol, bernama nucleoid, yang tidak memiliki membran nukleus. Prokariota pada umumnya tidak punya kompartemen membran sel seperti mitokondria dan kloroplas sehingga fosforilasi oksidatif dan fotosintesis terjadi di sepanjang membran plasma. Namun, prokariota memiliki struktur internal, seperti sitoskeleton, dan khusus bakteri ordo Planctomycetes memiliki membran di sekitar nucleoid dan mempunyai organel membran sel.

Prokariota juga hanya mengandung satu lingkaran DNA kromosomal yang stabil, tersimpan dalam nucleoid, sedangkan DNA dalam eukariota ditemukan dalam kromosom yang tertutup rapat dan terorganisasi. Meskipun beberapa eukariota memiliki struktur DNA satelit bernama plasmid, biasanya plasmid identik dengan prokariota, dan banyak gen penting dalam prokariota tersimpan dalam plasmid.

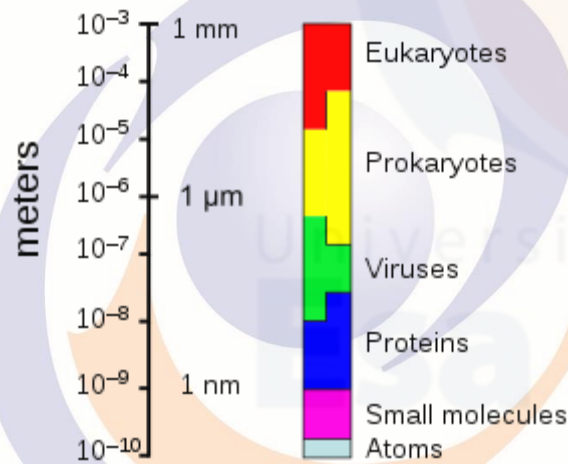
Prokariota terbagi menjadi dua domain: Bakteri dan Archaea. Archaea baru diakui sebagai domain sejak 1990. Archaea pada awalnya diperkirakan hanya hidup di kondisi yang tidak nyaman, seperti dalam suhu, pH, dan radiasi yang ekstrem, tetapi kemudian Archaea ditemukan juga di berbagai macam habitat.



Gambar 4. Sel prokariota

Prokariota memiliki rasio luas permukaan terhadap isi sehingga memiliki tingkat metabolik yang lebih tinggi, pertumbuhan yang lebih tinggi dan durasi perkembangbiakan yang lebih singkat dibanding Eukariota. Ukuran selnya lebih kecil daripada eukariota.

Bakteri dan archaea berkembang biak secara aseksual, yaitu kebanyakan secara fisi biner atau tunas. Pertukaran dan rekombinasi genetik bisa terjadi, namun ini merupakan transfer gen horisontal dan bukan replikasi, yaitu melibatkan DNA yang ditransfer antara dua sel, seperti halnya konjugasi bakteri.



Gambar 5. Perbandingan ukuran organisme prokariota dibandingkan biomolekul dan makhluk hidup lain

Riset terbaru menunjukkan bahwa semua prokariota memiliki sitoskeleton yang lebih primitif daripada sitoskeleton eukariota. Di samping homologi dari aktin dan tubulin (MreB dan FtsZ) komponen dari flagela yang tersusun helix, bernama flagellin, adalah salah satu dari protein sitoskeletal dari bakteri yang paling penting sebagai penyedia latar belakang struktural dari kemotaksis, respons fisiologis sel yang dasar dari bakteri. Paling tidak, beberapa prokariota juga mengandung struktur intrasel, yaitu berupa organela primitif.

Organela membran (atau membran antar sel) terdapat di beberapa prokariota seperti vakuola dan sistem membran yang dipakai khusus untuk metabolisme, seperti fotosintesis atau kemolithotrofi. Beberapa spesies juga mengandung mikrokompartmenten yang disertai protein yang memiliki peran fisiologis tertentu (misal, karboksisom atau vakuola udara).

Sebagian besar prokariota berukuran 1  $\mu\text{m}$  sampai 10  $\mu\text{m}$ , tetapi ukurannya bisa beragam mulai 0.2  $\mu\text{m}$  sampai 750  $\mu\text{m}$  (*Thiomargarita namibiensis*). Berikut ini struktur sel dari prokariota: flagela, membran sel, dinding sel (kecuali genus *Mycoplasma*), sitoplasma, ribosom, nucleoid, glikokalix, inklusi

Prokariota hidup di hampir semua lingkungan di bumi selama ada airnya. Beberapa archaea dan bakteri tumbuh dengan baik dalam lingkungan yang ekstrem, seperti suhu tinggi (termofilia) atau salinitas tinggi (halofilia). Makhluk hidup seperti ini disebut juga

ekstremofilia. Banyak archaea yang berperan sebagai plankton di laut. Prokariota simbiotik hidup di dalam atau pada tubuh makhluk hidup lain, termasuk manusia.



Gambar 5. Archaea yang banyak ditemukan di laut

#### 4. Sel Eukariota

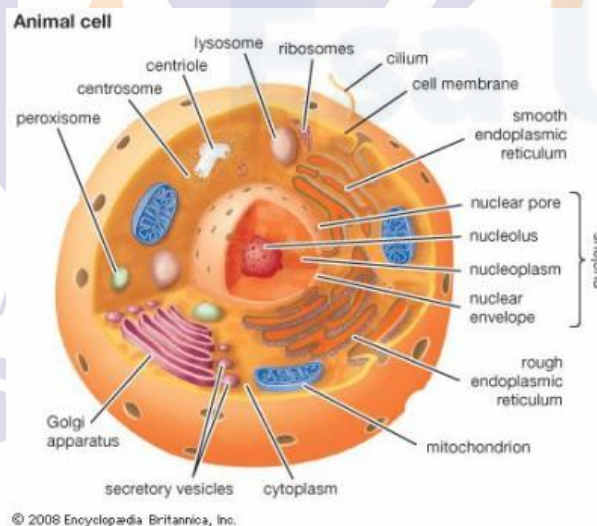
Sel eukariota (bahasa Yunani, eu, 'sebenarnya' dan karyon) memiliki nukleus. Diameter sel eukariota biasanya 10 hingga 100  $\mu\text{m}$ , sepuluh kali lebih besar daripada bakteri. Sitoplasma eukariota adalah daerah di antara nukleus dan membran sel. Sitoplasma ini terdiri dari medium semi cair yang disebut sitosol, yang di dalamnya terdapat organel dengan bentuk dan fungsi terspesialisasi serta sebagian besar tidak dimiliki prokariota.

Kebanyakan organel dibatasi oleh satu lapis membran, namun ada pula yang dibatasi oleh dua membran, misalnya nukleus. Dinding sel yang kaku, terbuat dari selulosa dan polimer lain, mengelilingi sel tumbuhan dan membuatnya kuat dan tegar. Fungi juga memiliki dinding sel, namun komposisinya berbeda dari dinding sel bakteri maupun tumbuhan. Di antara dinding sel tumbuhan yang bersebelahan terdapat saluran yang disebut plasmodesmata.

Karakteristik yang ada di sel eukaryota tetapi tidak di ada pada sel prokaryota adalah :

- a. Pada proses pembelahan sel, terjadi selubung nuklear yang mengandung struktur pori kompleks saat membentuk nukleus dan sitoplasma.
- b. Adanya kompleks kromosom tersusun oleh DNA dan gabungan protein yang mampu memadat
- c. Terdapat kelompok organel membran sitoplasmik (yaitu Retikulum Endoplasma, badan golgi, lisosom, endosom, peroksisom, dan glikosisom)
- d. mempunyai organel sitoplasmik yang khusus untuk respirasi aerob (mitokondria) dan pada sel tumbuhan terdapat kloroplast untuk fotosintesis

- e. mempunyai sistem sitoskelet yang kompleks termasuk mikrofilamen, filamen intermedia, dan mikrotubul mempunyai flagel dan cilia
- f. Terjadi proses endositosis dan fagositosis saat masuknya cairan atau partikel melalui membran plasma
- g. Pada sel tumbuhan terdapat dinding sel yang mengandung selulosa
- h. Pembelahan sel melibatkan mikrotubula yang akan mengatur proses pembelahan sel
- i. terdapat dua kopian gen per sel (diploid) melalui pembelahan sel secara mitosis, dan pada sel gamet terjadi kopian gen setengah dari jumlah induknya (haploid) melalui proses meiosis, pada sel prokariota pembelahan sel secara amitosis



Gambar 6. Struktur sel eukariota pada sel hewan

Persamaan sel prokaryota dan eukaryota:

- a. Susunan membran plasma sama
- b. Informasi genetik yang dikode DNA menggunakan kode genetik (kodon)
- c. Mekanisme transkripsi dan translasi informasi genetik sama, termasuk ribosomnya
- d. Terdapat pemisahan jalur metabolisme (misal glikolisis dan TCA)
- e. Apparatus sama untuk konservasi energi kimia seperti ATP (pada prokaryota terdapat di membran plasma dan pada eukaryota terdapat di membran mitokondria).
- f. Mekanisme fotosintesis sama (antara cyanobacteria dan tumbuhan hijau daun)
- g. Mekanisme sama untuk sintesis dan penyelipan/penambahan protein membran
- h. Proteasom (struktur protein digesti) sama susunannya.



## 5. Bakteri merupakan organisma prokariota

Bakteri (dari kata Latin *bacterium*; jamak: *bacteria*) adalah kelompok organisme yang tidak memiliki membran inti sel. Organisme ini termasuk ke dalam domain prokariota dan berukuran sangat kecil (mikroskopik), serta memiliki peran besar dalam kehidupan di bumi. Beberapa kelompok bakteri dikenal sebagai agen penyebab infeksi dan penyakit, sedangkan kelompok lainnya dapat memberikan manfaat dibidang pangan, pengobatan, dan industri. Struktur sel bakteri relatif sederhana: tanpa nukleus/inti sel, kerangka sel, dan organel-organel lain seperti mitokondria dan kloroplas. Hal inilah yang menjadi dasar perbedaan antara sel prokariot dengan sel eukariot yang lebih kompleks.

Bakteri dapat ditemukan di hampir semua tempat di tanah, air, udara, dalam simbiosis dengan organisme lain maupun sebagai agen parasit (patogen), bahkan dalam tubuh manusia. Pada umumnya, bakteri berukuran 0,5-5  $\mu\text{m}$ , tetapi ada bakteri tertentu yang dapat berdiameter hingga 700  $\mu\text{m}$ , yaitu *Thiomargarita*. Mereka umumnya memiliki dinding sel, seperti sel tumbuhan dan jamur, tetapi dengan bahan pembentuk sangat berbeda (peptidoglikan). Beberapa jenis bakteri bersifat motil (mampu bergerak) dan mobilitasnya ini disebabkan oleh flagel.

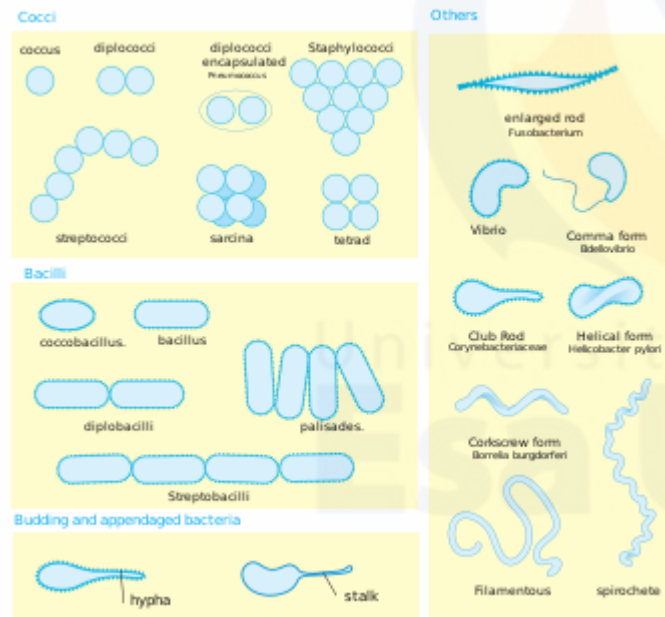
Seperti prokariot (organisme yang tidak memiliki membran inti) pada umumnya, semua bakteri memiliki struktur sel yang relatif sederhana. Sehubungan dengan ketiadaan membran inti, materi genetik (DNA dan RNA) bakteri melayang-layang di daerah sitoplasma yang bernama nukleoid. Salah satu struktur bakteri yang penting adalah dinding sel. Bakteri dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok besar berdasarkan struktur dinding selnya, yaitu bakteri Gram negatif dan bakteri Gram positif.

Bakteri Gram positif memiliki dinding sel yang tersusun dari lapisan peptidoglikan (sejenis molekul polisakarida) yang tebal dan asam teikoat, sedangkan bakteri Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tipis dan mempunyai struktur lipopolisakarida yang tebal. Metode yang digunakan untuk membedakan kedua jenis kelompok bakteri ini dikembangkan oleh ilmuwan Denmark, Hans Christian Gram pada tahun 1884.

Banyak bakteri memiliki struktur di luar sel lainnya seperti flagela dan fimbria yang digunakan untuk bergerak, melekat dan konjugasi. Beberapa bakteri juga memiliki kapsul yang berperan dalam melindungi sel bakteri dari kekeringan dan fagositosis. Struktur kapsul inilah yang sering kali menjadi faktor virulensi penyebab penyakit, seperti yang ditemukan pada *Escherichia coli* dan *Streptococcus pneumoniae*.

Bakteri juga memiliki kromosom, ribosom, dan beberapa spesies lainnya memiliki granula makanan, vakuola gas, dan magnetosom. Beberapa bakteri mampu membentuk diri menjadi endospora yang membuat mereka mampu bertahan hidup pada lingkungan

ekstrem. *Clostridium botulinum* merupakan salah satu contoh bakteri penghasil endospora yang sangat tahan suhu dan tekanan tinggi, di mana bakteri ini juga termasuk golongan bakteri penebab keracunan pada makanan kaleng.



Gambar 10 Morfologi Bakteri

Berbagai bentuk tubuh bakteri

Berdasarkan bentuknya, bakteri dibagi menjadi tiga golongan besar, yaitu:

- Kokus (*Coccus*) adalah bakteri yang berbentuk bulat seperti bola dan mempunyai beberapa variasi sebagai berikut:<sup>[20][21]</sup>
  - *Mikrococcus*, jika kecil dan tunggal
  - *Diplococcus*, jika berganda dua-dua
  - *Tetracoccus*, jika bergandengan empat dan membentuk bujur sangkar
  - *Sarcina*, jika bergerombol membentuk kubus
  - *Staphylococcus*, jika bergerombol
  - *Streptococcus*, jika bergandengan membentuk rantai
- Basil (*Bacillus*) adalah kelompok bakteri yang berbentuk batang atau silinder, dan mempunyai variasi sebagai berikut
  - *Diplobacillus*, jika bergandengan dua-dua
  - *Streptobacillus*, jika bergandengan membentuk rantai
- Spiral (*Spirillum*) adalah bakteri yang berbentuk lengkung dan mempunyai variasi sebagai berikut:
  - *Vibrio*, (bentuk koma), jika lengkung kurang dari setengah lingkaran (bentuk koma)

- *Spiral*, jika lengkung lebih dari setengah lingkaran
- *Spirochete*, jika lengkung membentuk struktur yang fleksibel.

Bentuk tubuh/morfologi bakteri dipengaruhi oleh keadaan lingkungan, medium, dan usia. Walaupun secara morfologi berbeda-beda, bakteri tetap merupakan sel tunggal yang dapat hidup mandiri bahkan saat terpisah dari koloninya.

Bakteri merupakan mikroorganisme ubiquotus, yang berarti melimpah dan banyak ditemukan di hampir semua tempat. Habitatnya sangat beragam; lingkungan perairan, tanah, udara, permukaan daun, dan bahkan dapat ditemukan di dalam organisme hidup. Diperkirakan total jumlah sel mikroorganisme yang mendiami muka bumi ini adalah  $5 \times 10^{30}$ . Bakteri dapat ditemukan di dalam tubuh manusia, terutama di dalam saluran pencernaan yang jumlah selnya 10 kali lipat lebih banyak dari jumlah total sel tubuh manusia. Oleh karena itu, kolonisasi bakteri sangatlah mempengaruhi kondisi tubuh manusia.



Gambar 11. Bakteri *Thermus aquaticus*, bakteri termofilik yang banyak diaplikasikan dalam bioteknologi

Terdapat beragam jenis bakteri yang mampu menghabitasi daerah saluran pencernaan manusia, terutama pada usus besar, diantaranya adalah bakteri asam laktat dan kelompok enterobacter. Contoh bakteri yang biasa ditemukan adalah *Lactobacillus acidophilus*. Di samping itu, terdapat pula kelompok bakteri lain, yaitu probiotik, yang bersifat menguntungkan karena dapat menunjang kesehatan dan bahkan mampu mencegah terbentuknya kanker usus besar.

Selain di dalam saluran pencernaan, bakteri juga dapat ditemukan di permukaan kulit, mata, mulut, dan kaki manusia. Di dalam mulut dan kaki manusia terdapat kelompok bakteri yang dikenal dengan nama metilotrof, yaitu kelompok bakteri yang mampu menggunakan senyawa karbon tunggal untuk menyokong pertumbuhannya. Di dalam rongga mulut, bakteri ini menggunakan senyawa dimetil sulfida yang berperan dalam menyebabkan bau pada mulut manusia.

Beberapa kelompok mikroorganisme ini mampu hidup di lingkungan yang tidak memungkinkan organisme lain untuk hidup. Kondisi lingkungan yang ekstrem ini menuntut

adanya toleransi, mekanisme metabolisme, dan daya tahan sel yang unik. Sebagai contoh, *Thermus aquaticus* merupakan salah satu jenis bakteri yang hidup pada sumber air panas dengan kisaran suhu 60-80 °C. Tidak hanya di lingkungan bersuhu tinggi, bakteri juga dapat ditemukan pada lingkungan dengan suhu yang sangat dingin.

Bakteri *Pseudomonas extremaustralis* ditemukan pada Antarktika dengan suhu di bawah 0 °C. Di samping pengaruh ekstrem temperatur, bakteri juga dapat hidup pada berbagai lingkungan lain yang hampir tidak memungkinkan adanya kehidupan (lingkungan steril). *Halobacterium salinarum* dan *Halococcus sp.* adalah contoh dari bakteri yang dapat hidup pada kondisi garam (NaCl) yang sangat tinggi (15-30%). Terdapat pula beberapa jenis bakteri yang mampu hidup pada kadar gula tinggi (kelompok osmofil), kadar air rendah (kelompok xerofil), derajat keasaman pH sangat tinggi, dan rendah.

Beberapa komunitas bakteri dapat bertahan hidup di dalam awan dengan ketinggian hingga 10 kilometer. Sebuah tim peneliti menggunakan pesawat tua DC-8 yang dimodifikasi sebagai laboratorium terbang berhasil mengambil sampel sejumlah bakteri di awan dalam kondisi badai. Bakteri yang hidup dalam nukleasi es terbawa badai dan bertahan dalam ionisasi awan.

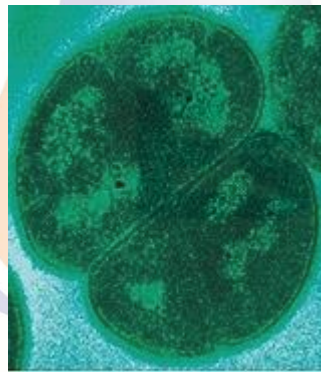
Kondisi lingkungan yang mendukung dapat memacu pertumbuhan dan reproduksi bakteri. Faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan reproduksi bakteri adalah suhu, kelembapan, dan cahaya. Secara umum, terdapat beberapa alat yang dapat digunakan untuk melakukan pengamatan sel bakteri terhadap berbagai parameter tersebut, seperti mikroskop optikal, mikroskop elektron, dan *atomic force microscope* (AFM).

Suhu berperan penting dalam mengatur jalannya reaksi metabolisme bagi semua makhluk hidup. Khususnya bagi bakteri, suhu lingkungan yang berada lebih tinggi dari suhu yang dapat ditoleransi akan menyebabkan denaturasi protein dan komponen sel esensial lainnya sehingga sel akan mati. Demikian pula bila suhu lingkungannya berada di bawah batas toleransi, membran sitoplasma tidak akan berwujud cair sehingga transportasi nutrisi akan terhambat dan proses kehidupan sel akan terhenti.

Berdasarkan kisaran suhu aktivitasnya, bakteri dibagi menjadi 4 golongan:

- Bakteri *psikrofil*, yaitu bakteri yang hidup pada daerah suhu antara 0°– 30 °C, dengan suhu optimum 15 °C.
- Bakteri *mesofil*, yaitu bakteri yang hidup di daerah suhu antara 15° – 55 °C, dengan suhu optimum 25° – 40 °C.
- Bakteri *termofil*, yaitu bakteri yang dapat hidup di daerah suhu tinggi antara 40° – 75 °C, dengan suhu optimum 50 - 65 °C
- Bakteri *hipertermofil*, yaitu bakteri yang hidup pada kisaran suhu 65 - 114 °C, dengan suhu optimum 88 °C.<sup>[4]</sup>

Pada umumnya bakteri memerlukan kelembaban relatif (*relative humidity*, RH) yang cukup tinggi, kira-kira 85%. Kelembaban relatif dapat didefinisikan sebagai kandungan air yang terdapat di udara. Pengurangan kadar air dari protoplasma menyebabkan kegiatan metabolisme terhenti, misalnya pada proses pembekuan dan pengeringan. Sebagai contoh, bakteri *Escherichia coli* akan mengalami penurunan daya tahan dan elastisitas dinding selnya saat RH lingkungan kurang dari 84%. Bakteri gram positif cenderung hidup pada kelembaban udara yang lebih tinggi dibandingkan dengan bakteri gram negatif terkait dengan perubahan struktur membran selnya yang mengandung lipid bilayer.



Gambar 12. Bakteri *Deinococcus radiodurans*, hasil pencitraan dengan 'transmission electron micrograph (TEM)

Cahaya merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Secara umum, bakteri dan mikroorganisme lainnya dapat hidup dengan baik pada paparan cahaya normal. Akan tetapi, paparan cahaya dengan intensitas sinar ultraviolet (UV) tinggi dapat berakibat fatal bagi pertumbuhan bakteri. Teknik penggunaan sinar UV, sinar x, dan sinar gamma untuk mensterilkan suatu lingkungan dari bakteri dan mikroorganisme lainnya dikenal dengan teknik iradiasi yang mulai berkembang sejak awal abad ke-20.

Metode ini telah diaplikasikan secara luas untuk berbagai keperluan, terutama pada sterilisasi makanan untuk meningkatkan masa simpan dan daya tahan. Beberapa contoh bakteri patogen yang mampu dihambat ataupun dihilangkan antara lain *Escherichia coli* 0157:H7 dan *Salmonella*.

Radiasi pada kekuatan tertentu dapat menyebabkan kelainan dan bahkan dapat bersifat letal bagi makhluk hidup, terutama bakteri. Sebagai contoh pada manusia, radiasi dapat menyebabkan penyakit hati akut, katarak, hipertensi, dan bahkan kanker. Akan tetapi, terdapat kelompok bakteri tertentu yang mampu bertahan dari paparan radiasi yang sangat tinggi, bahkan ratusan kali lebih besar dari daya tahan manusia terhadap radiasi, yaitu kelompok *Deinococcaceae*. Sebagai perbandingan, manusia pada umumnya tidak dapat

bertahan pada paparan radiasi lebih dari 10 Gray (Gy, 1 Gy = 100 rad), sedangkan bakteri yang termasuk dalam kelompok ini dapat bertahan hingga 5.000 Gy.

Pada umumnya, paparan energi radiasi dapat menyebabkan mutasi gen dan putusny rantai DNA. Apabila terjadi pada intensitas yang tinggi, bakteri dapat mengalami kematian. *Deinococcus radiodurans* memiliki kemampuan untuk bertahan terhadap mekanisme perusakan materi genetik tersebut melalui sistem adaptasi dan adanya proses perbaikan rantai DNA yang sangat efisien.

Tidak hanya di bidang lingkungan dan pangan, bakteri juga dapat memberikan manfaat dibidang kesehatan. Antibiotik merupakan zat yang dihasilkan oleh mikroorganisme dan mempunyai daya hambat terhadap kegiatan mikroorganisme lain dan senyawa ini banyak digunakan dalam menyembuhkan suatu penyakit.

Beberapa bakteri yang menghasilkan antibiotik adalah:

- *Streptomyces griseus*, menghasilkan antibiotik streptomisin
- *Streptomyces aureofaciens*, menghasilkan antibiotik tetrasiklin
- *Streptomyces venezuelae*, menghasilkan antibiotik kloramfenikol
- *Penicillium*, menghasilkan antibiotik penisilin
- *Bacillus polymyxa*, menghasilkan antibiotik polimiksin.

Terlepas dari peranannya dalam menghasilkan antibiotik, banyak jenis bakteri yang justru bersifat patogen. Pada manusia, beberapa jenis bakteri yang sering kali menjadi agen penyebab penyakit adalah *Salmonella enterica* subspecies I serovar Typhi yang menyebabkan penyakit tifus, *Mycobacterium tuberculosis* yang menyebabkan penyakit TBC, dan *Clostridium tetani* yang menyebabkan penyakit tetanus.

Bakteri patogen juga dapat menyerang hewan ternak, seperti *Brucella abortus* yang menyebabkan *brucellosis* pada sapi dan *Bacillus anthracis* yang menyebabkan antraks. Untuk infeksi pada tanaman yang umum dikenal adalah *Xanthomonas oryzae* yang menyerang pucuk batang padi dan *Erwinia amylovora* yang menyebabkan busuk pada buah-buahan.

Proses degradasi jasad makhluk hidup dilakukan oleh banyak organisme, salah satunya adalah bakteri. Beberapa jenis bakteri, terutama bakteri heterotrof, mampu mendegradasi senyawa organik dan menggunakannya untuk menunjang pertumbuhannya. Proses dekomposisi ini dibantu oleh beberapa jenis enzim untuk memecah makromolekul, seperti karbohidrat, protein, dan lemak, untuk dipecah menjadi senyawa yang lebih sederhana. Sebagai contoh, enzim protease digunakan untuk memecah protein menjadi senyawa lebih sederhana, seperti asam amino. Proses dekomposisi ini juga berperan

dalam pengembalian unsur-unsur, terutama karbon dan nitrogen, ke alam untuk masuk ke dalam siklus lagi.

Dekomposisi jasad makhluk hidup dimulai oleh bakteri yang hidup di dalam tubuh manusia, dimulai dari jaringan-jaringan otot. Proses ini dipercepat saat tubuh telah dikuburkan. Reaksi pertama dalam dekomposisi ini adalah hidrolisis protein oleh protease membentuk asam amino. Selanjutnya, asam amino akan diubah menjadi asam asetat, gas hidrogen, gas nitrogen, dan karbon dioksida sehingga pH lingkungan akan turun menjadi 4-5. Reaksi ini dilakukan oleh bakteri *acetogen*. Pada tahap akhir, semua senyawa tersebut diubah menjadi gas metana oleh *metanogen*.

### C. Referensi

- Tribelli PM, Lopez NI. 2011. Poly(3-hydroxybutyrate) influences biofilm formation and motility in the novel Antarctic species *Pseudomonas extremaustralis* under cold conditions. *Extremophiles*. DOI: 10.1007/s00792-011-0384-1.
- Madigan MT. 2009. *Brock Biology of Microorganisms Twelfth Edition*. Pearson Benjamin Cummings.
- Nikiyan H, Vasilchenko A, Deryabin D. 2010. Humidity-Dependent Bacterial Cells Functional Morphometry Investigations Using Atomic Force Microscope. *Int J Microbiol*. Vol 2010. doi:10.1155/2010/704170.
- Maier RM, Pepper IL, Gerba CP. 2009. *Environmental Microbiology, 2nd Edition*. Elsevier. hlm. 91.
- Marler B. 2010. Clostridium Botulinum (Botulism).  
1 [http://www.foodborneillness.com/botulism\\_food\\_poisoning/](http://www.foodborneillness.com/botulism_food_poisoning/).