

BAB 9

FISIOLOGI BAKTERI

BAB 9

FISIOLOGI BAKTERI

Deskripsi Mata Kuliah :

Mata kuliah ini membahas tentang sifat fisiologi dari bakteri yang tumbuh pada suatu media (perbenihan)

Sub Pokok Bahasan :

- 9.1. Komponen bakteri
- 9.2. Nutrisi bakteri
- 9.3. Bahan makanan lain
- 9.4. Faktor pengaruh lain

Bahan Bacaan :

No	Judul Buku	Pengarang	Penerbit/Edisi/Tahun
1	Basic Microbiology	Soesilo, B., dan Mei, S.	FK Unair Surabaya/2010
2	Brock : Biology of Microorganism	Madigan, M.T., & John M. Martinko	USA/eleventh edition/2006
3	Cowan's and Steel's Manual for The Identification of Medical Bacteria	Barrow, G.I. and Feltham, R.K.A.	UK:Cambridge University Press/third Edition/1993
4	Dasar-dasar Mikrobiologi	Pelczar, M.J dan E.C.S. Chan	Djambatan Jakarta/2010
5	Diagnostic Microbiology	Bailey, W.R, and Scott, E.G.	The C.V. Mosby Company/2 th

			edition/1996
6	Manual of Clinical Microbiology	Blair, J.E., Lenette, E.H., and Truant, J.P.	The Williams & Wilkins, Baltimore/1970
7	Microbiology	Presscott, L.M., John, P.H., Donald, A.K.	Mc Graw-Hill Company New York/ 5 th edition/2002
8	Mikrobiologi Kedokteran	Jawetz, E. Melnick J.L. and Adelberg, E.A.	EGC Jakarta/ Edisi terjemahan Indonesia/2004
9	Teknik dan Metode Dasar Mikrobiologi	Waluyo Lud	UMM Press. Malang/2010

9.1. Komponen Bakteri

Untuk pertumbuhannya, bakterimemerlukan lingkungan yang baik dan sesuai, misalnya : makanan, pH, suhu, atmosfer dimana kebutuhan tiap mikroorganisme berbeda-beda. Komponen dasar sel bakteri berupa air, protein, asam nukleat, polisakarida, lemak, garam mineral, dan metabolit penting lainnya.

A. Berdasar konsistensi komponen bakteri terdiri dari :

(1) bahan cair → berupa air

- vegetatif : 75 – 80% → air bebas (*free water*)
- spora : 60 – 70% → air terikat (*bound water*) → fungsi: pelarut, fenomena osmotik, dan lain-lain

(2) bahan padat : 1,34 – 13,86%

P : 10 – 45% → asam nukleat, fosfolipid, koenzim

N : 1,8 – 55%

C : 45 – 55%

Mineral : K, Na, Mg, Ca, Fe, S, Cl

B. Bahan Organik

1. Protein : 50% dari banyaknya komponen bakteri, variasi setara dengan umur bakteri. Terdiri dari :
 - nukleoprotein
 - asam amino yang hampir selalu ada : arginin, histidin, lisin
 - asam amino yang tidak pernah ada : diiodotirosin, tiroksin
2. Karbohidrat : 10 – 20% dari banyaknya komponen bakteri, berupa :
 - starch, glikogen, macam-macam polisakarida
 - karbohidrat yang bebas/terikat protein/lemak
 - lapisan permukaan sel
 - polimer tinggi → spesifik serologik → antigenik
3. Lemak : 1 – 40% dari banyaknya komponen bakteri, berupa granula lemak.
 - Lemak yang bebas/terikat karbohidrat/protein
 - umumnya ester gliserol untuk mengekstraksi : asam lemak bebas, fosfolipid, lemak netral, *waxes*
 - BTA (basil tahan asam) : 40%

- ester asam lemak + trehalosa
- fosfatida tidak berisi kholin dan etanolamin

9.2. Nutrisi Bakteri

A. Nutrisi

Nutrisi merupakan aspek yang menyangkut fisiologi yang disepakati sebagai suplai yang dibutuhkan sel untuk tumbuh. Substansi yang diperlukan ini disebut **nutrien**. Beda bakteri beda kebutuhan nutriennya dan jumlah kebutuhannya. Tujuan nutrisi adalah :

- 1) Sintesa protoplasma
- 2) Untuk menyediakan energi bagi semua proses kehidupan

Bahan-bahan yang diserap masuk ke dalam sel, akan dipakai oleh sel bakteri melalui proses **metabolisme**. Nutrien yang dibutuhkan bakteri ada 7 golongan, yaitu :

1. Air

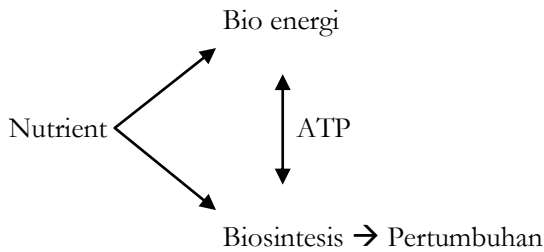
Sel bakteri mengandung :

- 1) Air (70-85%) → air bebas dan air terikat
- 2) Bahan anorganik dan organik (15-30%)

Bahan organik : merupakan “bahan bangunan” bagi sel bakteri yang membentuk makro molekul/polimer

Air merupakan bagian terbesar dari sel (70-85%) dan sangat penting bagi kehidupan mikroorganisme, karena air ikut dalam semua proses kimia dari sel.

Air menjadi sumber O₂ bagi bahan organik sel dan juga merupakan pelarut nutrisi sehingga dapat diserap oleh sel, serta dapat menyerap panas yang dihasilkan selama metabolisme berlangsung.



2. Sumber energi dan donor elektron

Untuk semua proses kehidupan diperlukan energi dari matahari. Makhluk hidup yang dapat berfotosintesis, energi matahari dirubah menjadi energi kimia. Untuk menyusun bahan organik yang dipakai untuk sintesa bagian-bagian sel dan bahan bakar atau energi untuk aktivitas sel.

Berdasarkan cara mendapatkan energi, mikroorganisme dibagi menjadi :

- 1) Fototrof : mikroorganisme yang mendapat energi dari sinar matahari melalui proses fotosintesis

2) Khemotrof : Mikroorganisme yang mendapat energi dari reaksi oksidasi bahan kimia

Berdasarkan semua sumber elektron, mikroorganisme dibagi menjadi :

- 1) Lipotrof : mikroorganisme yang menggunakan donor elektron anorganik. Contoh : Hidrogen, Amonia, H₂S, Fe²⁺.
- 2) Organotrof : mikroorganisme yang menggunakan donor elektron organik

Tabel 9.1 Penggolongan mikroorganisme berdasar sumber elektron dan donor elektron

Golongan	Sumber Energi	Sumber Donor Elektron
1.Fotolitotrof	Sinar matahari	Anorganik
2.Fotoorganotrof	Sinar matahari	Organik
3.Khemolitotrof	Senyawa kimia	Anorganik
4.Khemoorganotrof	Senyawa kimia	Organik

3. Sumber karbon (C)

Kebutuhan mikroorganisme akan karbon (C) dibagi menjadi 2 golongan, yaitu :

- 1) Autotrof : mikroorganisme yang menggunakan CO₂ sebagai sumber karbon
- 2) Heterotrof : mikroorganisme yang menggunakan karbon organik sebagai sumber karbon

Tabel 9.2 Penggolongan jasad renik berdasarkan sumber karbon dan sumber energi

Golongan	Sumber Karbon (C)	Sumber Energi
1. Fotoautotrof	Anorganik	Sinar matahari
2. Fotoheterotrof	Organik	Sinar matahari
3. Khemoautotrof	Anorganik	Senyawa kimia
4. Khemoheterotrof	Organik	Senyawa kimia

4. Sumber nitrogen (N)

Nitrogen (N) dapat diserap dalam bentuk organik/anorganik. Nitrogen (N) diperlukan dalam

5. Sumber akseptor elektron

Di dalam bio energi, akseptor elektron sangat diperlukan, jika akseptor elektron tidak ada, maka proses akan terhambat.

Akseptor elektron terdiri dari :

- O₂
- Senyawa lain : Nitrat, Nitrit
- Organik : Fe³⁺
- Senyawa organik

Berdasarkan kebutuhan O₂ sebagai akseptor elektron, mikroorganisme dibagi menjadi :

1) Aerob

- a. Aerob obligat (aerob mutlak) : tidak dapat hidup tanpa adanya O₂ : sebagian besar bakteri, Ganggang, Protozoa
- b. Aerob fakultatif : mikroorganisme aerob yang dapat hidup dalam suasana anaerob
 - Bakteri Coliform
 - Bakteri pathogen
- c. Mikroaerofilik : mikroorganisme memerlukan O₂ dalam jumlah sedikit (0,2 atm)

2) Anaerob : mutlak tidak dapat hidup dengan adanya O₂

Contoh : bakteri pada lumpur, makanan kaleng, usus dan hewan/manusia.

- 3) Anaerob toleran : mikroorganisme yang tidak dapat mati dengan adanya O₂, akan tetapi pertumbuhannya terhambat. Contoh : bakteri asam laktat.
- 4) Kapnofil : mikroorganisme yang memerlukan kadar O₂ rendah dan kadar karbon (C) yang tinggi. Contoh : *Brucella* spp.

6. Mineral

Mineral yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dapat digolongkan :

- 1) Makronutrien : mineral yang dibutuhkan dalam jumlah relatif besar.

Contoh : K, Mg, Ca, Na, Fe

- 2) Mikronutrien : mineral yang dibutuhkan dalam jumlah relatif sedikit.

Contoh : Zn, Cu, Mn, Mo

Mikronutrien dibutuhkan sebagai kofaktor dari bermacam-macam enzim.

7. Faktor pertumbuhan

Merupakan senyawa-senyawa organik yang sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme dan tidak dapat disintesa oleh sel, dibutuhkan dalam jumlah sedikit. Contoh : Asam amino, purin/pirimidin, vitamin.

Kebutuhan akan faktor-faktor tumbuh yang pasti sulit diketahui, oleh karena itu dalam pembuatan medium untuk bakteri digunakan PEPTON dan ekstrak khamir yang merupakan sumber faktor tumbuh yang relatif lengkap dan murah.

B. Penyerapan nutrisi:

Membran sel bersifat permeable selektif dan diskriminatif terhadap nutrisi sehingga tidak mudah dilalui oleh substrat yang berada di sekelilingnya. Membran sel akan berusaha untuk mengatur dan mengontrol zat-zat yang masuk dan keluar sehingga keadaan metabolisme sel dapat berlangsung baik.

Sifat-sifat permeabilitas sangat bervariasi pada mikroorganisme, karena perbedaan struktur membran dan kandungan enzim. Penyerapan nutrisi ada 2 cara, yaitu :

1. Penyerapan pasif

Penyerapan yang disebabkan oleh faktor-faktor di luar membran sel dan tidak memerlukan energi dari sel. Penyerapan pasif pada dasarnya adalah **osmosis** atau **diffuse** sesuai dengan ciri osmosis, maka substrat yang konsentrasinya di luar sel lebih besar saja yang dapat masuk ke dalam sel dan setelah tercapai keseimbangan, maka proses penyerapan akan berhenti. Penyerapan pasif biasanya bagi elektrolit dan molekul yang relatif

kecil. Contoh : gas (O₂), air, NaCl (pada *E.coli*), ion-ion.

Selain dengan cara osmosis tersebut, seringkali mikroorganisme dapat menyerap suatu substrat dengan bantuan suatu karier yang spesifik yang terdapat pada membran sel. Peristiwa tersebut yang disebut *facultated diffusion*. Kemampuan nutrient larut dalam lipid sangat penting karena lipid merupakan komponen utama membran sel.

2. Penyerapan aktif

Proses penyerapan yang memerlukan energi dari sel, nutrien/substrat dapat diserap masuk ke dalam sel melalui membrane meskipun kadar nutrien/substrat tersebut dalam sel lebih besar beberapa kali. Untuk penyerapan aktif diperlukan karier khusus dan energy.

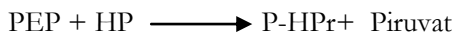
Energi dipakai untuk perubahan afinitas karier terhadap substrat, sehingga terbentuk kompleks karier-substrat dipermukaan luar membran sel dan terjadi pelepasan substrat dari karier.

Substrat yang diserap secara aktif:

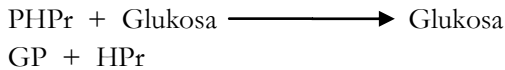
1) Mengalami perubahan → TRANSLOKASI

Penyerapan glukosa oleh *E. coli* diperlukan 2 macam :

Enzim I



Enzim II



2) Tetap

Penyerapan laktosa oleh *Escherechia coli*

Penyerapan glukosa oleh *Pseudomonas aeruginosa*

9.3. Bahan Makanan Lain

Bahan makanan bakteri berupa makanan umum, bahan organik, faktor pertumbuhan, asam amino, oksigen.

1. Bahan makanan umum

- air : alat transport, melancarkan reaksi metabolik
- CO₂ : proses sintesis → asimilasi
 - sumber : luar (lingkungan), dalam (oksidasi dan fermentasi)
 - beberapa bakteri memerlukan banyak O₂ : *Neisseria gonorrhoeae*, *Brucella abortus*
- bahan anorganik/mineral

2. Bahan organik : sumber energi dan karbon (C)

3. Faktor pertumbuhan

4. Asam amino → esensial

- Gram (+) : sintesis terbatas → dari luar
- cara masuk :
 - difusi : misalnya lisin
 - transport aktif : misalnya asam glutamat

5. Oksigen

- klasifikasi
 - aerob obligat : O₂ jumlah besar
 - anaerob obligat : tanpa O₂ atau reduksi tinggi
 - anaerob fakultatif : ada / tanpa O₂
 - anaerob erotoleran : anaerob, tidak mati oleh O₂
 - mikroaerofilik : O₂ rendah, CO₂ tinggi, terhambat O₂ tinggi
- cara mendapat energi/metabolisme:
 - aerob : respirasi → mencegah KH secara lengkap menggunakan O₂
 - anaerob : fermentasi → memecah KH sebagian menggunakan selain O₂
- teori aerob dan anaerob :
 - a. Metabolit toksik
Akibat oksidasi → H₂O₂ dan O₂⁻ → racun
 - aerob : $2 O_2^- + 2H^+ \rightarrow O_2 + H_2O$

(katalis : superoksida dismutase)



(katalisator : katalase)

Bakteri asam laktat : hasil tes katalase negatif, tetapi tes peroksidase positif \rightarrow reduksi H_2O_2 menjadi H_2O dengan bantuan bahan organik

- anaerob : katalase (-), superoksida dismutase (-) \rightarrow H_2O_2 dan O_2^- toksik \rightarrow bakteri mati
- b. potensial redoks perbenihan
 - umum : 0,2-0,4 Volt pada pH 7,00
 - anaerob : < 0,2 Volt \rightarrow cara :
 - reduktor : misalnya Na-tioglikolat
 - perbenihan ditutup
petroleum/paraffin

9.4. Faktor Pengaruh Lain

Selain menyediakan nutrient yang sesuai untuk pertumbuhan bakteri, juga perlu diperhatikan kondisi fisik/lingkungan yang memungkinkan pertumbuhan optimum. Bakteri tidak hanya bervariasi dalam kebutuhan nutrisinya, tapi juga kondisi fisik dalam lingkungannya.

A. Faktor-faktor fisik/lingkungan :

1. Suhu

Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan biakan mikroorganisme. Suhu rendah dapat memperlambat metabolisme dan aktifitas sel. Sedangkan suhu tinggi, sampai batas tertentu akan mempercepat aktifitas sel dan bila di naikkan terus akan terjadi denaturasi enzim/protein dan bagian sel.

Berdasarkan suhu pertumbuhan bakteri dibagi :

1) Mesofil

Bakteri ini banyak terdapat di tanah, air, hewan dan manusia.

Suhu pertumbuhan : 10-47^o C

30-45^o C

Pada suhu 10^oC → terjadi penghambatan aktifitas.

Bakteri mesofil umumnya hidup pada hewan berdarah panas. Contoh : *Escherechia coli*.

2) Psikrofil

Bakteri ini dapat tumbuh pada suhu 0^o C, banyak terdapat pada bagian dasar lautan, daerah kutub, dan makanan yang di dinginkan atau dibekukan.

Ada 2 macam Psikrofil, yaitu obligat dan fakultatif

(1) Bakteri Psikrofilik obligat :

Suhu optimum $\pm 15^{\circ}\text{C}$ ($15\text{-}18^{\circ}\text{C}$), suhu maximum 20°C . Banyak terdapat pada habitat yang konstan selalu dingin dan cepat mati jika dihangatkan sebentar pada suhu kamar.

(2) Bakteri Psikrofilik fakultatif :

Suhu pertumbuhan optimum $25\text{-}30^{\circ}\text{C}$, suhu maximum 35°C . Banyak terdapat di air, tanah, pertumbuhan bakteri ini pada makanan menyebabkan kualitas turun atau menjadi busuk.

Sampai saat ini belum diketahui mengapa ada mikroorganisme yang mampu tumbuh pada temperatur rendah.

3) Termofil

Mikroorganisme mampu tumbuh pada suhu $45\text{-}50^{\circ}\text{C}$. Mikroorganisme ini ditemukan pada habitat yang bersuhu tinggi, terutama pada : pembuatan kompos, susu, tanah, air laut. Mikroorganisme termofil dapat tahan dan tumbuh pada suhu tinggi sebab enzim dan protein-proteinya lebih resisten terhadap panas.

4) Psikodurik

Mikroorganisme yang dapat tahan hidup berbulan-bulan/bertahun-tahun pada suhu -76^o C (CO₂ cair) atau -195^o C (Nitrogen cair).

5) Termadura :

Mikroorganisme yang dapat tahan hidup di atas 50^o C.

Tiap mikroorganisme mempunyai batas suhu minimum dan maximum bagi pertumbuhannya, di luar batas sel tidak akan mengalami pertumbuhan. Diantara batas-batas suhu tersebut, suhu optimum merupakan suhu yang paling cocok untuk pertumbuhan dan perkembang biakan sel mikroorganisme.

Tabel 9.3 Penggolongan bakteri berdasarkan suhunya

Golongan	Suhu Pertumbuhan		
	Minimum	Optimum	Maximum
Mesofil	10-15	30-45	35-47
Psikrofil			
- Fakultatif	5	25-30	30-35
- Obligat	5	15-18	19-22
Termofil	40-45	55-75	60-85

Waktu Kematian Thermal :

Waktu yang diperlukan untuk membunuh semua mikroorganisme/mikroorganisme tertentu pada suhu tertentu. Kecepatan kematian sel-sel mikroorganisme tidak simultan dan sangat dipengaruhi oleh :

- Jumlah sel
- Umur sel
- Macam sel
- Kelembapan
- pH

2. Keasaman (pH)

Tiap jasad renik mempunyai pH pertumbuhan minimum, optimum, dan maximum. Keasaman pada tingkat tertentu dapat menyebabkan koagulasi protein dan mempengaruhi aktivitas enzim. Peningkatan suhu dapat menaikkan disosiasi asam-asam → suatu larutan pH nya netral (22⁰ C) jika diinkubasi pada 37⁰ C (akan menjadi asam dan bersifat lethal terhadap mikroorganisme). Demikian pula larutan yang netral pada suhu 100⁰ C akan menjadi lebih basa pada suhu kamar.

Bakteri mempunyai pH tertentu untuk pertumbuhan :

pH minimum : pH terendah dimana bakteri dapat hidup walaupun tidak berkembang biak

pH maximum : pH tertinggi dimana bakteri dapat hidup walaupun tidak berkembang biak

pH optimum : pH tertentu dimana bakteri dapat berkembang biak sebaik-baiknya

Tabel 9.4 pH pertumbuhan bakteri

Golongan	Suhu Pertumbuhan		
	Minimum	Optimum	Maximum
<i>Staphylococcus aureus</i>	4,2	7,0-7,5	9,3
<i>Escherichia coli</i>	4,3	6,0-8,0	9,5
<i>Salmonella typhosa</i>	4,0	6,8-7,2	9,6
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	5,0	6,8-7,7	3,4
<i>Bacillus subtilis</i>	4,6	6,0-7,5	8,5

Untuk jenis-jenis bakteri tertentu diperlukan pH di luar pH tersebut di atas :

Contoh :

Vibrio cholera → pH 9 → alkalofil

Agrobacterium → pH 12

Jamur dan bakteri tertentu → memerlukan pH 5 → asidofil

3. Tekanan osmosis

Tekanan osmosis protoplasma sel biasanya lebih besar dari pada tekanan osmosis medium, sehingga ada tendensi absorpsi air masuk e dalam sel. Jika sel mikroorganisme dimasukkan dalam larutan hipertonis, maka terjadi plasmolisis oleh karena sel-sel akan kehilangan air.

Jika sel-sel tersebut dimasukkan dalam larutan hypotonis maka air akan masuk sehingga sel dapat pecah → plasmolisis

Osmofil : mikroorganisme yang memerlukan medium dengan kadar gula yang tinggi

Osmotoleran : mikroorganisme mampu tumbuh pada tekanan osmosis yang tinggi

Halofil : mikroorganisme yang mampu tumbuh pada medium dengan kadar garam tinggi

4. Tekanan hidrostatik

Barofil : bakteri yang mampu tumbuh pada habitat yang mempunyai tekanan hidrostatik yang tinggi

contoh : bakteri dibagian dalam

Tiap 10 meter tekanan hidrostatik samudra akan bertambah 1 atm, jadi pada kedalaman 2000 meter tekanannya kurang lebih 200 atm.

5. Tegangan permukaan

Tegangan permukaan suatu larutan ditentukan oleh daya kohesi antara molekul-molekul di dalamnya, juga antar sel dengan medium sekelilingnya. Tegangan permukaan medium sangat penting bagi pertumbuhan jasad renik, kecenderungan pertumbuhan hanya pada permukaan medium tersebut. Medium cair yang diberi sedikit sabun untuk menurunkan tegangan permukaan, hasilnya untuk pertumbuhan.

Contohnya : pertumbuhan *Bacillus subtilis* pada medium cair yang diberi sabun menjadikan pertumbuhan bakteri yang lebih merata.

6. Radiasi

Merupakan energi yang dipindahkan dari sumbernya melalui udara/hampa. Sinar radiasi yang bersifat germisida:

- Infra red
- Ultra violet
- Sinar X / sinar rontgen
- Sinar matahari

Pengaruh radiasi terhadap mikroorganisme
→ fotoreaktivasi

- Menghasilkan mutan, sinar-sinar radiasi akan diserap oleh asam inti/DNA dan akan memutus ikatan-ikatan kimiawi

- Pengaruh lethal (kematian) tergantung dari dosis penyinaran dan panjang gelombang.

Rangkuman :

Pertumbuhan bakteri memerlukan lingkungan yang baik, misalnya makanan, pH, suhu, atmosfer. Kebutuhan tersebut berbeda-beda tiap mikroorganismenya. Komponen dasar sel bakteri terdiri dari air, protein, asam nukleat, polisakarida, lemak, garam mineral dan metabolit penting.

Bakteri memerlukan nutrisi untuk sintesa protoplasma dan untuk menyediakan energi bagi semua proses kehidupan. 7 nutrisi yang diperlukan oleh bakteri adalah air, sumber energi dan donor elektron, sumber karbon (C), sumber nitrogen (N), sumber akseptor elektron, mineral serta beberapa faktor pertumbuhan. Nutrient diserap oleh bakteri secara pasif dan aktif.

Evaluasi :

1. Komponen dasar sel bakteri terdiri dari
2. Sebutkan dan beri sedikit penjelasan bahan organik penyusun sel vegetatif bakteri!
3. Apa perbedaan dari nutrisi dan nutrient? Jelaskan!
4. Mengapa bakteri memerlukan nutrisi untuk pertumbuhannya? Jelaskan!
5. Nutrient apa saja yang dibutuhkan oleh bakteri untuk pertumbuhan dan perkembangannya?

6. Berdasarkan akan kebutuhan sumber karbon (C), bakteri dibedakan mejadi..... jelaskan!
7. Apa yang dimaksud dengan :
 - a. Aerob fakultatif
 - b. Anaerob
 - c. Mikroaerofilik
 - d. Kapnofil
8. Jelaskan apa perbedaan dari makronutrien dan mikronutrien!
9. Bagaimanakah mekanisme penyerapan nutrient oleh sel bakteri?
10. Apa saja bahan makanan lain yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri?

