# PENGANTAR BAKTERI OLOGI

Amellya Octifani, Erni Yohani Mahtuti, Ainutajriani,
Binti Mu'arofah, Moh Fairuz Abadi, Dian Rachma, Wijayanti, Nurul Hadiatun,
Baiq Isti Hijriani, Siska Zafrida, Sugireng, Handarini, Edy Kurniawan

Editor: Muhsaynur

# PENGANTAR BAKTERIOLOGI

Amellya Octifani
Erni Yohani Mahtuti
Ainutajriani
Binti Mu'arofah
Moh Fairuz Abadi
Dian Rachma
Wijayanti
Nurul Hadiatun
Baiq Isti Hijriani
Siti Juariah
Siska Zafrida
Sugireng
Handarini
Edy Kurniawan

# PENGANTAR BAKTERIOLOGI

Penulis:
Amellya Octifani, Erni Yohani Mahtuti, Ainutajriani, Binti Mu'arofah, Moh Fairuz Abadi, Dian Rachma, Wijayanti, Nurul Hadiatun, Baiq Isti Hijriani, Siti Juariah, Siska Zafrida, Sugireng, Handarini, Edy Kurniawan

**ISBN: 978-623-09-8547-8**
**Tebal: x + 176 hlm., 21 x 14 cm**
**Januari 2024**

Editor: **Muhsyanur**
Penata Letak: **Yohanesa JV**
Penata Sampul: **Ahmad Elfatih**

Penerbit:
**CV. KARSA CENDEKIA**
Perumahan Griya Rumah Emas P 24
Jalan Poros Paccellekang, Gowa-Makassar
Sulawesi Selatan, 90562 Indonesia
Telp. 0411-210685, HP/WA 08999991135
Email: cvkarsacendekia@gmail.com
Web: karsacendekia@gmail.com
**ANGGOTA IKAPI No. 057/SSL/2023**

**Hak cipta Dilindungi Undang-undang**
*Dilarang memperbanyak isi buku ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.*

# KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa tercurahkan ke hadirat Allah Swt. Atas limpahan Rahmat, taufik, dan hidayahnya-Nya sehingga buku ini dapat terselesaikan sesuai harapan.

Pada dasarnya, penulisan buku ini sebagai salah satu wujud kepedulian para penulis dalam menggiatkan gerakan literasi bagi akademisi.

Buku ini berjudul *Pengantar Bakteriologi* disusun oleh para pakar dari pelbagai institusi. Buku ini terdiri atas 10 bab yang bertujuan untuk menambah wawasan keilmuan pembaca. Buku ini dapat dijadikan sebagai buku referensi sekaligus buku pegangan bagi mahasiswa. Tidak hanya sebatas itu, tetapi dapat digunakan bagi masyarakat umum dalam menambah wawasan di bidang kemipaan khususnya Bakteriologi.

Kehadiran buku melewati proses yang cukup lama. Muali dari prekrutan penulis, proses pemilihan topik, penulisan naskah, proses penelaah, sampai proses editor. Oleh karena buku ini hadir atas Upaya berbagai pihak, maka kami sebagai penanggng jawab program kolaborasi menulis secara nasional, mengucapkan terima kasi kepada mereka.

Pertama, kepada para penulis yang telah meluangkan waktu untuk menuangkan ilmu pengetahuannya ke dalam buku ini. Kedua, kepada editor yang telah gigih membaca, membaca, dan membaca buku ini sampai proses pengeditan sehingga layak diterbitkan. Ketiga, kepada CV. Karsa Cendekia, yang telah berkenan menerbitkan buku ini.

Pada akhirnya, kepada Allah Swt. Senantiasa berserah. Semoga kehadiran buku ini menjadi jariah bagi khalayak. Terkhusu bagi para penulis dan semua pihak yang berkontirbusi.

Amin.

Januari 2024

# DAFTAR ISI

**HALAMAN SAMPUL ..... iii**
**KATA PENGANTAR..... v**
**DAFTAR ISI ..... vii**

**BAB 1 KONSEP DASAR: MORFOLOGI, STRUKTUR, DAN FISIOLOGI BAKTERI ..... 1**
A. Pendahuluan ..... 1
B. Morfologi Bakteri..... 2
Daftar Pustaka ..... 16
Tentang Penulis ..... 17

**BAB 2 GENETIK DAN METABOLISME BAKTER** .... 18
A. Genetik Bakteri ..... 15
B. Metabolisme Bakteri ..... 23
Daftar Pustaka..... 30
Tentang Penulis ..... 31

**BAB 3 BAKTERI PATOGEN GRAM POSITIF (+) FOKUS** ..... 32
A. Staphylococcus Aureus ..... 32
B. Staphylococcus Epidermidis ..... 36
C. Streptococcus Pyogenes..... 37

D. Streptococcus Pneumoniae..... 41
Daftar Pustaka ..... 44
Tentang Penulis ..... 45

**BAB 4 MIKROFLORA NORMAL ..... 46**
A. Mikroflora Normal ..... 46
B. Mikroflora Normal pada Kulit ..... 49
C. Mikroflora Normal pada Mulut ..... 50
D. Mikroflora Norma pada Urogenital ..... 52
E. Mikroflora Noram pada Saluran Pencernaan ..... 53
F. Mikroflora Normal pada Nasofaring ..... 55
G. Mikroflora Normal pada Konjungtiva ..... 56
H. Mikroflora Normal pada Kuku ..... 57
Daftar Pustaka ..... 58
Tentang Penulis ..... 59

**BAB 5 BAKTERI PATOGEN GRAM (+) BATANG ..... 60**
A. Bakteri Patogen Gram (+) Batang ..... 60
B. Corynebacterium ..... 62
C. Clostridium ..... 65
Daftar Pustaka ..... 77
Tentang Penulis ..... 78

**BAB 6 BAKTERI PATOGEN GRAM (-) FOKUS** ..... 79
A. Genus *Neisseria*..... 79
B. Genus *Moraxella* ..... 86
C. Gram Negatif Kokus Anaerobik ..... 88
Daftar Pustaka ..... 89
Tentang Penulis ..... 90

**BAB 7 BAKTERI PATOGEN GRAM (-) BATANG** ..... 91
A. Escherichia Coli ..... 91

B. Salmonella Typhi ..... 94
C. Shigella Sp ..... 96
D. Pseudomonas Aeruginosa ..... 98
E. Klebsiella Pneumoniae ..... 100
Daftar Pustaka ..... 102
Tentang Penulis ..... 104

**BAB 8 PEWARNAAN BAKTERI** ..... 105
A. Pengantar ..... 105
B. Pewarnaan Bakteri ..... 105
C. Teknik Pewarnaan Bakteri ..... 109
Daftar Pustaka ..... 130
Tentang Penulis ..... 118

**BAB 9 PENYEBARAN DAN PENGENDALIAN BAKTERI** ..... 119
A. Pengertian ..... 119
B. Penyebab Bakteri ..... 120
C. Pengendalian Bakteri ..... 122
D. Teknik Pengendalian Bakteri ..... 123
Daftar Pustaka ..... 128
Tentang Penulis ..... 129

**BAB 10 UJI BIOKIMIA BAKTERI** ..... 130
A. Uji Fermentasi Karbohidrat ..... 130
B. Tripel Sugar Iron Agar (TSIA) ..... 132
C. Uji IMVIC (Indole, Methyl red, Voges Proskauer dan Citrat) ..... 134
D. Uji Motilitas ..... 139
E. Uji Urea ..... 140

Daftar Pustaka .....141
Tentang Penulis .....142

**BAB 11 UJI SENSITIVITAS BAKTERI**.....143
A. Uji Sensitivitas Bakteri .....143
B. Metode Difusi .....144
C. Metode Dilusi .....148
D. Metode E-test (Epsilometer) .....150
E. Metode MALDI-TOF MS .....151
F. Metode Molekuler .....152
Daftar Pustaka .....154
Tentang Penulis .....156

**BAB 12 BAKTERIOLOGI AIR** .....157
A. Air dan Kualitas Air .....157
B. Bakteri dalam Air .....168
C. Teknik Pemeriksaan Kualitas Air secara Bakteriologi ....170
Daftar Pustaka .....174
Tentang Penulis .....175

**BAB 13 BAKTERIOLOGI MAKANAN DAN MINUMAN** .....176
A. Kajian Teori tentang Makanan dan Minuman .....176
B. Bakteri pda Makanan dan Minuman .....178
C. Perusakan Makanan ole Bakteri .....181
D. Penyakit Bawaan Makanan (Food Borne Desease) ..182
E. Penanganan Sampel untuk Uji Laboratorium .....183
Daftar Pustaka .....186
Tentang Penulis .....187

# .:: BAB 1 ::.

## KONSEP DASAR: MORFOLOGI, STRUKTUR, DAN FISIOLOGI BAKTERI

**Amellya Octifani**
Universitas Anwar Medika
*Amellya.octifani@uam.ac.id*

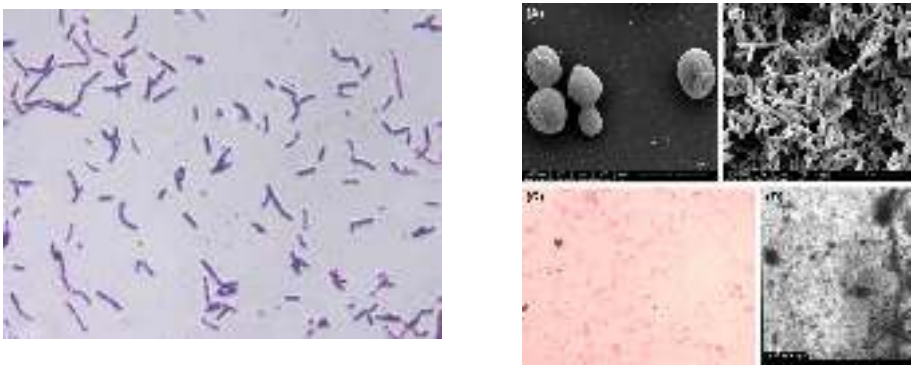
### A. Pendahuluan

Mikroba atau mikroorganisme adalah makhluk hidup yang ukurannya kecil, sehingga sulit dilihat dengan mata biasa dan harus dengan alat pembesar atau mikroskop. Mikroba memiliki susunan sel yang lebih sederhan dibandingkan dengan organisme tingkat tinggi. Pengelompokan mikroba telah banyak dilakulan oleh peneliti antara lain oleh Haeckel, Whittaker, dan Woese. Pengelompokkan berdasarkan pengorganisasian selnya yaitu tumbuhan, hewan, protista dan bakteri yang mempunyai sifat uniseluler, sonositik atau multiseluler tanpa diferensiasi jaringan (Li, 2015).

Bakteri merupakan salah satu jenis mikroorganisme yang tidak bisa dilihat oleh mata langsung dan jumlahnya paling banyak dibandingkan makhluk hidup lain. Bakteri memiliki ratusan ribu spesies yang hidup didarat, laut, udara dan tempat ekstrem. Bakteri memiliki ciri-ciri yang berbeda dengan makhluk lain yaitu:

1. Memiliki ukuran tubuh yang bervariasi antara 0,12 s/d ratusan mikron umumnya memiliki ukuran rata-rata 1-5 mikron
2. Memiliki bentuk tubuh yang beraneka ragam
3. Kebanyakan Uniseluler (memiliki satu sel)
4. Prokariot (tidak memiliki membran inti sel)

5. Berkembang biak dengan cara aseksual membelah diri
6. Hidup dengan bebas atau parasit
7. Memiliki dinding sel yang tersusun atas mukopolisakarida dan peptidoglikan.
8. Bakteri memiliki endospore yaitu kapsul
9. Umumnya tidak memiliki klorofil
10. Bakteri ada yang bergerak dengan flagella dan ada juga yang bergerak dengan berguling ( tanpa flagella)
    (Dr. Didimus tanah boleng, 2017)



**Gambar 1**. Pengamatan Bakteri
(Li, 2015)

## B. Morfologi Bakteri

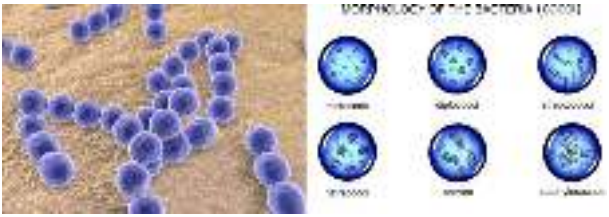
Berbagai jenis mikroba memiliki bentuk yang berbeda-beda namun memiliki ciri khas. Pada kondisi yang sesuai, bentuk dan ukuran mikroba relatif stabil. Penting untuk mengetahui struktur morfologi mikroba, karena ini memberi kita pemahaman yang lebih baik tentang fisiologi mikroba, mekanisme patogen, ciri antigenik, dan memungkinkan kita mengidentifikasinya berdasarkan spesies. Selain itu, pengetahuan tentang morfologi mikroba dapat membantu dalam mendiagnosis penyakit dan mencegah infeksi mikroba (Young, 2006).

Bakteri merupakan mikroba yang komplek memiliki bentuk dan ukuran yang bervariasi (Prasiddhanti & Wahyuni, 2015).

Morfologi bakteri sangat penting untuk kelangsungan hidup bakteri, baik di lingkungan maupun di inang sebagai bagian dari proses penyakit. Peran diferensiasi dalam kelangsungan hidup bakteri melindungi dari sistem kekebalan inang, dan memiliki akses siap pakai terhadap nutrisi yang ada di dalam sel inang. Gaya hidup intraseluler memberikan manfaat tambahan melalui pengembangan populasi sel berfilamen yang menunjukkan peningkatan resistensi terhadap fagositosis (Suryani & Taupiqurrahman, 2021). Morfologi bakteri dapat diamati secara makroskopis (koloni) dan mikroskopis (mikroskop). Morfologi mikroskopis bakteri dapat terlihat dibawah mikroskop cahaya, dapat berbentuk:

**1. Kokus: Bulat**

a) Coccus : 0,8 – 1,0 μ
b) Monokokus : terpisah, tersebar merata (Micrococcus)
c) Diplokokus : berpasangan
   - Pneumokokus : lancet shaped
   - Gonokokus : coffee bean shaped
   - Meningokokus
d) Streptokokus : rantai
e) Stafilokokus : buah anggur
f) Tetrakokus : empat-empat
g) Sarsina : delapan-delapan

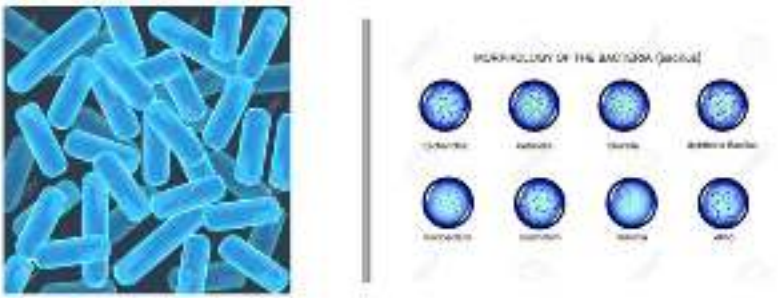


**Gambar 4. Morfologi Bakteri Coccus**
(https://hisham.id/biologi/perbedaan-antara-kokus-dan-basilus.html)

## 2. Basil = batang

Silinder memanjang, berukuran 0,2-0,5 x 2,0-1,0 µ

a) Kokobasil : panjang dan lebar hampir sama (Escherichia coli)
b) Seperti huruf cina : Corynebacterium diphtheria
c) Fusiformis : ujung-ujung runcing (sekoci)
d) Streptobasilus : rantai/berderet



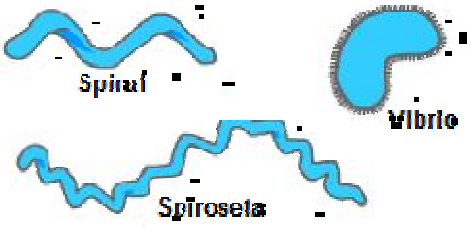
**Gambar 5. Morfologi Bakteri Basil**
(https://hisham.id/biologi/perbedaan-antara-kokus-dan-basilus.html)

## 3. Spiral: Seperti Per

a) Vibrio: batang bengkok (Vibrio cholerae)
b) Spirilum: spiral kasar dan kaku, tidak luwes, flagel (+) c) Spirokhaeta: spiral halus, lentur dan luwes, filament aksial
c) Borellia: gelombang
d) Treponema: spiral halus teratur

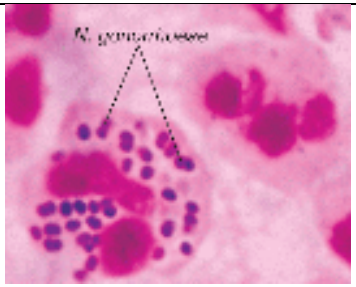
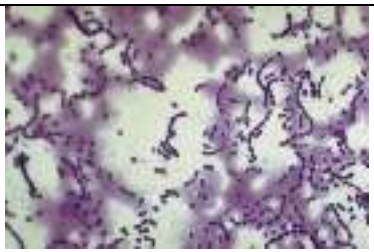
e) Leptospira: spiral dengan kait pada ujung.

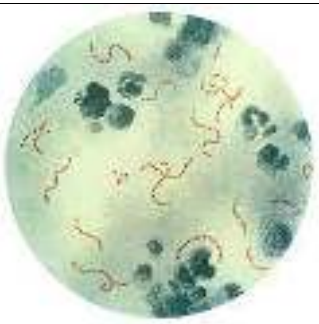
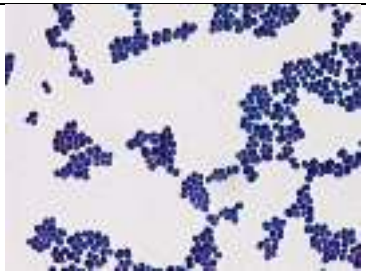
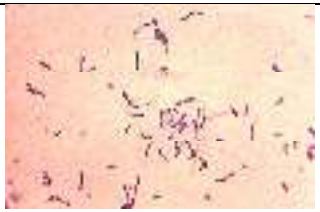
(Rin, Chylen Setiyo, 2020) (Suryani & Taupiqurrahman, 2021)

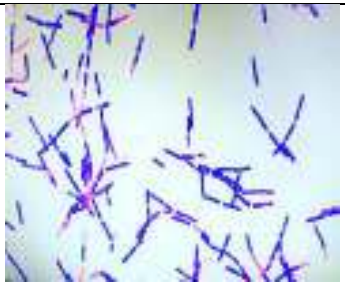
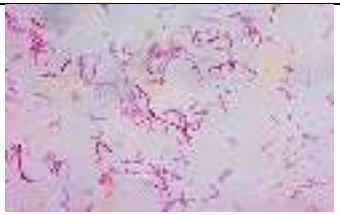
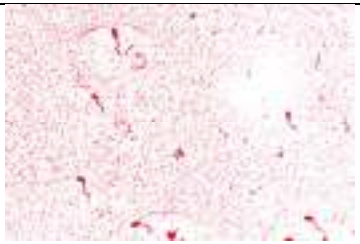


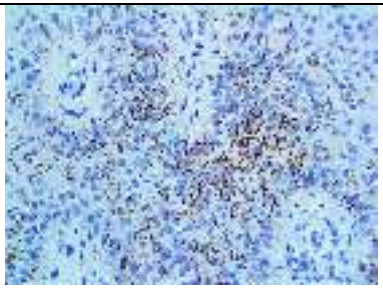

**Gambar 6. Morfologi Bakteri Basil**
(https://hisham.id/biologi/perbedaan-antara-kokus-dan-basilus.html)

**Tabel 1. Morfologi Bakteri dan Contoh Bakteri**

| NO | Morfologi bakteri | Gambar | Contoh |
|---|---|---|---|
| | **Coccus** | | |
| 1. | Monokokus |  | *Neiserria gonor-rhoea* |
| 2. | Diplokokus |  | *Diplococus pneumaticus* |

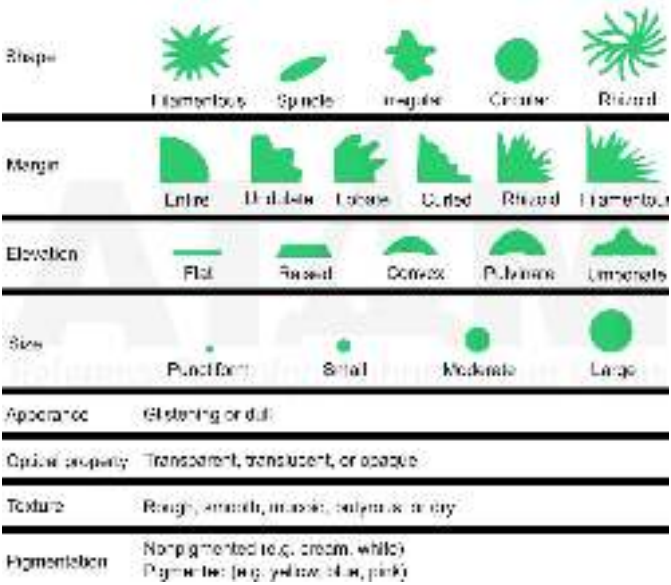
| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 | Streptokokus |  | *Streptococus pyogene*s |
| **4** | Stafilokokus |  | *Staphylococcus aureus* |
| | **Basil** | | |
| **5** | **Kokobasil** | | Escherichia coli (Prasiddhanti & Wahyuni, 2015) |
| | |  | Corynebacte-rium diphtheria |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 | basilus |  | *Bacillus cereus,* |
| **7** | Streptobasi-lus |  | *Streptobacillus moniliformis* |
| | Spiral | | |
| **8** | Vibrio |  | Vibrio cholerae |
| **9** | Spirilum | | Campylobacter jejuni, |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **10** | Treponema |  | *Treponema pallidum* |
| **11** | Leptospira | | Leptospira |

Sumber: Morfologi bakteri dan contoh bakteri

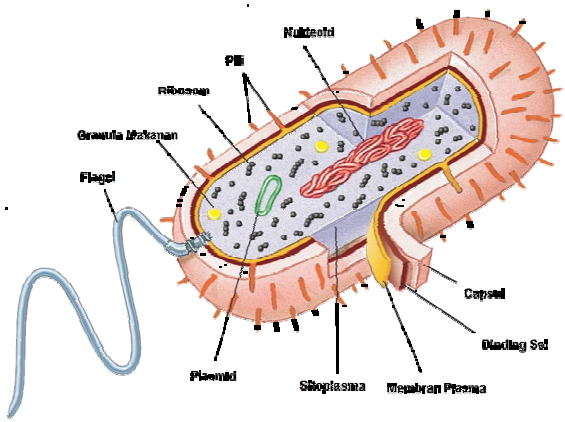
Bakteri hasil dari isolasi dilakukan karakterisasi secara makroskopis pada media. Untuk pengamatan makroskopik dilakukan secara langsung dengan melihat morfologi koloni bakteri yaitu: bentuk koloni (bulat, seperti akar, atau tidak beraturan), warna, ukuran, bentuk, tepian (mulus, lobatus, bergelombang, bergerigi, dan filamentus), dan elevasi koloni (datar, naik, cembung, dan umbonatus) (Li, 2015).




**Gambar 7. Morfologi koloni bakteri**
atlm-edu.id/2019/02/mengenal-macam-morfologi-koloni bakteri.html

## C. Struktur Bakteri

Sel merupakan unit terkecil dari suatu organisme hidup yang bertanggung jawab atas semua fungsi structural, biokimia dan fisiologi organisme. Prokaryot dibagi menjadi archaebakteria dan eubacteria. Eubacteria merupakan kelompok bakteri yang sudah dikenal karakteristiknya, sedangkan archaebacteria memikili ekologi ekstrim seperti sumber air panas, kawah vulkanik dan wilayah dengan kadar garam tinggi (Nanda, n.d.). Struktur bakteri pada umumnya sebagai berikut:

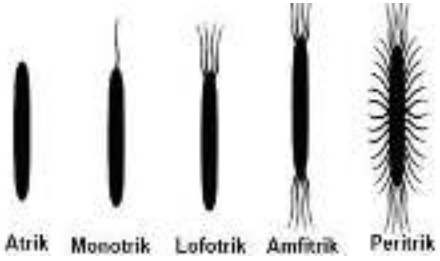



**Gambar 8. Struktur bakteri bakteri**

1. Dinding sel
   Lapisan ini berada diluar membrane sel. Dinding sel memiliki struktur sangat kaku dan berfungsi untuk mempertahankan bentuk sel dan melindungi dari lisis osmotik. Dinding sel tidak dapat dilihat dengan mikroskop cahaya. Dinding sel tersusun dari peptiglogikan, yaitu sejenis polisakarida yang berkaitan dengan protein. Berdasarkan dinding sel bakteri dikelompokkan menjadi dua yaitu bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Bakteri gram positif memiliki lapisan peptidoglikan tebal yang akan berwarna ungu jika diberi pewarna gram. Sementara gram negative memiliki peptidoglikan lebih tipis dan berwarna merah atau merah mud ajika diberi perwarna gram. Peptidoglikan adalah komponen utama selubung sel hampir semua bakteri. Ia memiliki peran struktural dan bertindak sebagai saringan selektif untuk molekul dari lingkungan luar (Liu & Breukink, 2016).
2. Struktur Membrane Sel Luar
   Membrane hanya terdapat pada bakteri gram negative, berfungsi sebagai perlindungan terhadap kondisi diluar sel dan perubahan lingkungan. Membrane ini tersusun dari lipopolisakarida (LPS) dan fosfolipid. LPS memiliki aktivitas endo-

toksik (toksin yang terintregasi pada dinding sel bakteri) dan berperan sebagai antigen spesifik dari spesies bakteri sitoplasma

3. Sitoplasma merujuk pada cairan tidak berwarna yang tersusun dari air, bahan organik (protein, karbohidrat, lemak), garam mineral, enzim, ribosom, dan asam nukleat. Sitoplasma merupakan tempat terjadinya reaksi metabolisme pada bakteri.
4. Ribosom
   Ribosom adalah organel kecil yang berfungsi sebagai tempat terjadinya sintesis protein. Ribosom terdiri dari senyawa protein. Jumlah ribosom dalam suatu sel bakteri mencapai ribuan sebagai organ yang akan mensintesis protein.
5. Nukleoid
   Nucleus tempat berkumpulnya DNA kromosomal bakteri.
6. Plasmid
   Plasmid berfungsi dalam rekayasa genetika sebagai vector yang membawa gen asing yang ingin disisipkan pada bakteri.
7. Flagella
   Flagella merupakan tonjolan filamen Panjang dari granula basal 12 – 30 μ, Panjang beberapa kali panjang bakteri. Flagella umumnya pada bakteri berbentuk batang dan berfungsi sebagai alat gerak. Penyusun kimia flagella adalah protein flagellin dan antigenik. Flagella dibagi menjadi 5 jenis yaitu (Suryani, 2022):
   a. Monotrikus: satu flagella, salah satu ujung sel. Contoh :Vibrio, Pseudomonas, Spirillum
   b. Lopotrikhus: sekelompok flagella, salah satu ujung sel. Contoh : Pseudomonas
   c. Amfitrikhus: sekelompok/satu flagella, tiap ujung sel. Contoh : Alcaligenes faecalis
   d. Peritrikhus: tersebar merata diseluruh permukaan sel. Contoh: E. coli, Salmonella, Proteus
   e. Atrikhus: flagella (-) ◊bisa any pada bakteri kokus




**Gambar 9. Jenis flagella**

https://roboguru.ruangguru.com/question/gambar-dan-beri-keterangan-bakteri-berdasarkan-letak-flagellanya-

8. Pili atau Fimbria
   Tonjolan halus seperti rambut lurus dipermukaan sel, lebih tipis dan pendek daripada flagella. Ukuran 4-5 mμ x 0,1-1,5 μ dan sering ditemukan pada bakteri basil gram negative. Pili berfungsi sebagai alat perlekatan, hemaglutinasi, penyalur materi genetic, antigenic dan aglutinasi serta pembentukan pelikel.
9. Kapsul
   Selabung tebal gelatin yang ada disekeliling dinding sel. Macam-macam kapsul ada Kapsul (+) : koloni halus (smooth) Kapsul (-) : koloni kasar (rough). Fungsi kapsul sebagai perlindungan terhadap zat-zat perusak dan mengahalangi fagositosis. Banyak bakteri menghasilkan polisakarida kapsul rantai panjang yang melimpah, yang dapat mempertahankan ikatan yang kuat dan membentuk struktur kapsul yang membungkus sel dan/atau berbentuk eksopolisakarida yang sebagian besar disekresikan ke lingkungan terdekat. Polimer ini memberikan perlindungan bagi bakteri penghasil dari berbagai tekanan fisik, kimia, dan biologis, mendukung biofilm, dan memainkan peran penting dalam interaksi antara bakteri dan lingkungan terdekatnya (Whitfield et al., 2020)
10. Endospora

Fungsi untuk mempertahankan diri dari keadaan lingkungan yang buruk karena kekurangan nutrisi bersifat tahan panas, kering, beku dan zat kimia beracun

(Rin, Chylen Setiyo, 2020)

## D. Fisiologi Bakteri

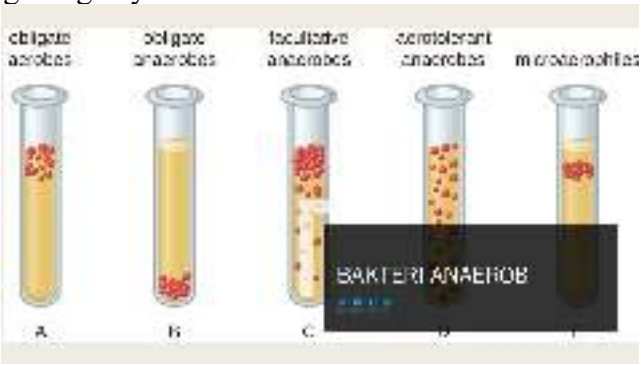
Untuk pertumbuhan bakteri memerlukan lingkungan yang baik dan sesuai, misalnya makanan, pH, suhu, atmosfir dimana kebutuhan tiap mikroorganisme berbeda-beda. Komponen dasar sel bakteri berupa air, protein, asam nukleat, polisakarida, lemak, garam mineral, dan metabolit penting lainnya. Nutrisi bakteri merupakan 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 yang bertujuan untuk sintesis protoplasma dan menyediakan energi untuk proses kehidupannya (Suryani, 2022). Nutrisi yang dibutukan bateri adalah

1. Air
   Bakteri Memerlukan air dalam konsentrasi tinggi untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan. Air Sebagai pengantar semua bahan gizi yang diperlukan sel dan membuang semua zat yang tidak diperlukan ke luar sel. Sel bakteri mengandung:
   - Air (70-85%) à air bebas dan air terikat.
   - Bahan anorganik dan organik (15-30%)
2. Sumber energi dan donor electron
   Untuk menyusun bahan organik yang dipakai untuk sintesa bagian-bagian sel dan bahan bakar atau energi untuk aktivitas sel.
   - Fototrof: dari sinar matahari melalui proses fotosintesis
   - Khemotrof: dari reaksi oksidasi bahan kimia
3. Sumber karbon (C)

Diperlukan dalam proses sintesa dengan timbulnya asimilasi CO didalam sel . Kebutuhan mikroorganisme akan karbon (C) dibagi menjadi 2 golongan, yaitu :

- Autotrof
- Heterotrof

4. Sumber nitrogen (N)
   Senyawa Nitrogen (N) organik yang bisaanya digunakan : Asam amino dan protein.
5. Sumber akseptor electron
   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
6. Oksigen
   Berdasarkan keperluan akan oksigen, bakteri dibagi menjadi 5 golongan yaitu:

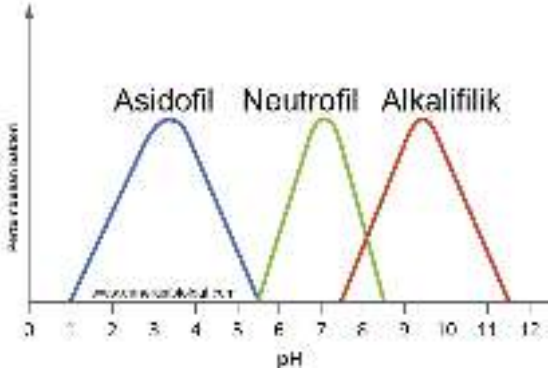



7. Garam-garam Organik
   Diperlukan untuk mempertahankan keadaan osmotic didalam sel, untuk memelihara keseimbangan asam basa dan berfungsi sebagai bagian enzim atau activator reaksi enzim
8. Faktor pertumbuhan
   Merupakan senyawa-senyawa organik yang sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme dan tidak dapat disintesa oleh sel, dibutuhkan dalam jumlah sedikit. Contoh : Asam amino, purin/pirimidin, vitamin

9. pH

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




10. Tekanan osmosis dan Tekanan hidrostatik

Tekanan osmosis protoplasma sel bisaanya lebih besar dari pada tekanan osmosis medium, sehingga ada tendensi absorpsi air masuk e dalam sel.Jika sel mikroorganisme dimasukkan dalam larutan hypertonis, 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

(Rin, Chylen Setiyo, 2020)

## Daftar Pustaka

Dr. Didimus tanah boleng. (2017). *BAKTERIOLOGI Konsep-Konsep Dasar*. https://repository.unmul.ac.id/bitstream/handle/123456789/4237/Buku Bakteriologi Konsep-Konsep Dasar 2017.pdf?sequence=1

Li, X. Z. and Y. (2015). Basic Biology of Oral Microbes. In *CZhejiang University Press* (Vol. 10, Issue 1).

Liu, Y., & Breukink, E. (2016). The membrane steps of bacterial cell wall synthesis as antibiotic targets. *Antibiotics*, *5*(3). https://doi.org/10.3390/antibiotics5030028

Nanda, F. P. (n.d.). BAKTERIOLOGI DASAR DAN TEKNIK PEMERIKSAAN DI LABORATORIUM. In *Widina Media Utama*. http://www.nber.org/papers/w16019

Prasiddhanti, L., & Wahyuni, A. E. T. H. (2015). Karakter Permukaan Escherichia coli yang Diisolasi dari Susu Kambing Peranakan Ettawah yang Berperan terhadap Kemampuan Adesi pada Sel Epitelium. *Jurnal Sain Veteriner*, *33*(1), 29–41.

Rin, Chylen Setiyo, J. R. (2020). BUKU AJAR MATA KULIAH BAKTERIOLOGI DASAR. In *Umsida Press Sidoarjo Universitas* (Vol. 1, Issue 1).

Suryani, Y. (2022). Produksi Energi pada Mikroorganisme Secara Anaerob. In *Fisiologi Mikroorganisme*.

Suryani, Y., & Taupiqurrahman, O. (2021). MIKROBIOLOGI DASAR. In *Handbook of Food Safety Engineering*. https://doi.org/10.1002/9781444355321.ch1

Whitfield, C., Wear, S. S., & Sande, C. (2020). Assembly of Bacterial Capsular Polysaccharides and Exopolysaccharides. *Annual Review of Microbiology*, *74*, 521–543. https://doi.org/10.1146/annurev-micro-011420-075607

Young, K. D. (2006). The Selective Value of Bacterial Shape. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, *70*(3), 660–703. https://doi.org/10.1128/mmbr.00001-06

## Tentang Penulis

**Amellya Octifani** Dosen Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Anwar Medika. Penulis lahir di gresik tanggal 09 Oktober 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis, Universitas Anwar Medika Sidoarjo. Penulis Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Diploma 4 analis Kesehatan di Poltekkes Kemenkes Surabaya 2013-2017 dan melanjutkan Studi Magister Ilmu Laboratorium Kesehatan di Universitas Muhammdiyah Semarang pada tahun 2019-2021. Penulisan sudah berkolaborasi menghasil tiga buku untuk mendukung kompetensi jurusan Teknologi Laboratorium medis yaitu Flebotomi, Pengantar Laboratorium Medis dan Predik Soal UKOM TLM.
Email: amellya.octifani@uam.ac.id
No.Wa: 082257249206

.

# .:: BAB 2 ::.

## GENETIK DAN METABOLISME BAKTERI

**Erni Yohani Mahtuti, S.Pd., M.Kes**
STIKes Maharani Malang
*yohanierni@gmail.com*

## A. Genetik Bakteri

Mempelajari Genetik bakteri tidak terlepas membahas DNA dan RNA. DNA pertama kali ditemukan Frederick Miescher tahun 1869. Tahun 1920-an, Phoebus A. T. Levine menemukan DNA mengandung fosfat, gula lima karbon (pentosa siklik), dan basa mengandung nitrogen. Rosalind Franklin menemukan struktur heliks dengan kristalografi sinar-X. Tahun 1950 James Watson dan Francis Crick, menggambarkan molekul DNA tiga dimensi.

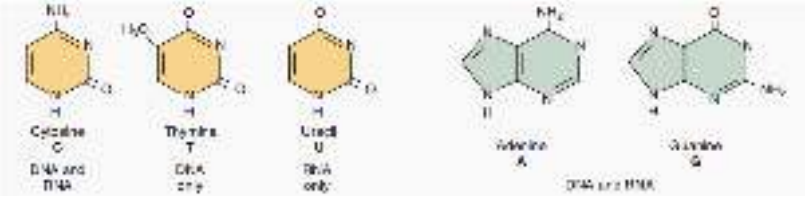
### 1. Struktur Molekul DNA dan RNA

DNAberupa rantai heliks ganda deoksinukleotida. Heliks untaian ganda terpilin jadi satu, sebagai tangga spiral. Nukleotida adalah kombinasi kompleks dari

a. Gugus fosfat (PO4);
b. Pentosa berkarbon lima siklik (karbon-karbon dalam pentose diberi nomor 1′ sampai 5′) gula (deoksiribosa).
c. Basa nitrogen, purin atau pirimidin. Purin, cincin fusi sembilan atom karbon dan nitrogen. Purin berupa: adenin (A) dan guanin (G). pirimidin terdiri satu cincin dengan

enam atom karbon dan nitrogen. Pirimidin berupa: timin (T) dan sitosin (C). Sebuah nukleotida terbentuk ketika 5′ karbon gula dan salah satu basa nitrogen menempel dengan karbon 1′ gula pentose (Jawetz-Melnick-Adelbergs, 2016)

Pirimidin Purin

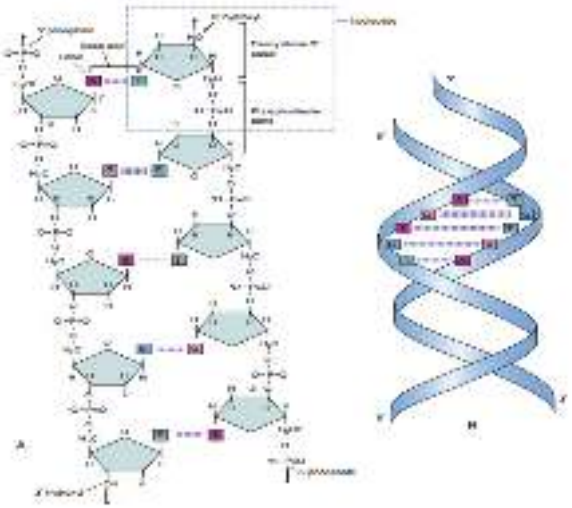


Gambar 3.1 Struktur Asam nukleat Pirimidin: cytosin, thimin dan urasil; Purin: Ademin dan Guanin (Mahon MS & Lehman EdD MLScm SM, 2019)

Pada rantai deoksinukleotida, ikatan terbentuk antara gugus fosfat dari satu nukleotida dan gula. Pada basa diikat gula lima karbon 2-deoksiribosa. Pirimidin dan purin, dipersatukan jadi molekul panjang oleh ikatan fosfodiester penghubung karbon nomor 5’ dari molekul 2-deoksiribosa dengan karbon nomor 3’.

Basa nitrogen Adenin berpasangan dengan timin. Sitosin berpasangan dengan guanin disatukan ikatan hidrogen. Informasi dalam DNA ditentukan urutan huruf di sepanjang "tangga." Urutan ACGCT mewakili informasi yang berbeda pada urutan AGTCC. Dua untaian gula fosfat komplementer berjalan berlawanan arah (antiparalel), 3′ ke 5′ dan 5′ ke 3′ (Mahon MS & Lehman EdD MLScm SM, 2019).

DNA juga berperan dalam produksi RNA. Pada RNA, pirimidin basa nitrogen timin diganti urasil. Berbeda dengan DNA beruntai ganda, panjang, RNA beruntai tunggal, pendek. RNA mengandung gula ribosa, bukan deoksiribosa.



Gambar 3.2 A. Struktur molekul DNA, nukleotida, ikatan fosfodiester dan pasangan basa komplementer (A, adenin; T, timin; G, guanin; C, sitosin), untaian asam nukleat antiparalel. B. Rantai nukleotida 5′ dan 3′ dan antiparalel dengan konfigurasi DNA tangga

Genom manusia terdiri dari 3 miliar huruf, sepersepuluh dari 1%, 3 juta perbedaan huruf, menentukan karakteristik, digunakan dalam ilmu forensik. Sedangkan kepentingan diagnostik mikrobiologi menggunakan genom bakteri. Tes diagnostik dikembangkan dengan dasar identifikasi urutan RNA atau DNA unik yang terdapat pada setiap spesies bakteri.

Teknik reaksi berantai polimerase cara baik menentukan urutan DNA tertentu dapat mendeteksi bakteri dengan sampel sedikit. Tes genetik, metode identifikasi yang lebih cepat menentukan sifat patogen. Genetika bakteri juga untuk mengetahui perkembangan, transfer resistensi antimikroba bakteri. Mutasi gen mengakibatkan perubahan karakteristik fenotip organisme.

Genotipe sel, potensi genetik DNA organisme. Mencakup karakteristik dikodekan di dalam DNA bakteri dan diekspresikan, dinyatakan dalam kondisi tertentu dengan diinduksi. Fenotip, ciri-ciri yang diamati diekspresikan genom. Tujuan akhir sel yakni memproduksi protein bertanggung jawab atas struktur, fungsi sel dan mengirimkan informasi ke generasi berikutnya. Informasi sintesis protein dikodekan DNA bakteri dan ditransmisikan dalam kromosom ke generasi bakteri. Aliran informasi umum dalam sel bakteri adalah dari DNA (yang berisi informasi genetik) hingga pembawa pesan RNA (mRNA; yang bertindak sebagai cetak biru untuk konstruksi protein) dengan protein sebenarnya itu sendiri.

**2. Transkripsi DNA Menjadi RNA**

DNA mengalami replikasi yakni duplikasi DNA, penyisipan kromosom ke dalam sel anak. Transkripsi merupakan sintesis sRNA, oleh enzim RNA polimerase, menggunakan satu untai DNA sebagai templet, DNA sebagai pencetak dan enzim RNA polymerase bergabung menjadi basa RNA yang bereaksi dengan komplementer pencetak DNA. Misal satu pita DNA urutan basa AGTCTGACT menghasilkan urutan RNA UCAGACUGA, ini proses **transkripsi**. Terjemahan sintesis protein tertentu dari kode mRNA sehingga menunjukkan ekspresi pada sintesa protein. Jadi protein merupakan polipeptida yang tersusun atas asam amino. Jumlah dan urutan asam amino dalam polipeptida serta karakter protein tertentu ditentukan oleh urutan kodon pada mRNA. Kodon, kelompok tiga nukleotida pada mRNA menandakan asam amino tertentu. Pada bakteri tempat dimulainya RNA polymerase terikat dengan DNA dinamakan **promotor**. Setelah saling mengikat kemudian membuka double helik DNA, membentuk komplek promotor yang stabil. Sintesa

RNA terjadi relative tetap hingga polymerase mencapai tempat penghentian, dan polimerase terlepas secara enzimatik dari DNA.

**3. Translasi RNA menjadi Protein**

Proses mRNA melakukan sintesa polipeptida (protein) dinamakan **translasi**. Selama translasi, ribosom mengandung rRNA secara berurutan menambahkan asam amino ke polipeptida. Asam amino dibawa ke ribosom melalui transfer molekul RNA (tRNA) yang "menerjemahkan" disebut kodon. tRNA molekul menempel pada mRNA dengan komplementer didaerah antikodon. Antikodon, triplet basa tRNA yang mengikat triplet basa (kodon) pada mRNA. Contoh UUG membentuk kodon asam amino leusin, penerjemah membaca kodon-kodon pada RNA dengan panjang 70 sampai 80 nukleotida pada tRNA.

**4. Elemen dan Perubahan Genetik**

Kromosom bakteri, terdiri dari sepotong DNA tunggal, tertutup, melingkar dalam sel mengandung informasi untuk pertumbuhan dan replikasi. Gen urutan DNA spesifik dengan kode urutan asam amino dalam satu protein (misalnya, satu gen sama dengan satu polipeptida), tetapi ini digabungkan dengan polipeptida lain untuk membentuk lebih dari satu protein. Setiap gen untai DNA mengandung area yang belum ditranskripsi sebagai promotor, yang dikenali oleh RNA polymerase inisiasi transkripsi. Selain informasi genetik yang dikodekan dalam kromosom bakteri, mengandung informasi tambahan dalam jumlah kecil potongan melingkar ekstrakromosom, dsDNA yang disebut **plasmid**.

Sintesa protein terjadi didalam ribosom. Setiap ribosom terdiri dari 2 subunit yaitu subunit bebas dan mengendap pada 30S dan 50S (S: unit Svedberg; ukuran laju pengendapan partikel

sentrifugal). Awal sintesa protein dimulai dari subunit ribosom 30S pada mRNA. tRNA yang terkait pada 50S menyatu dengan 30S pada mRNA sehingga jadi ribosom utuh. Tanggapan pada kodon pertama mRNA, tRNA yang cocok dikaitkan pada asam amino yang terikat pada subunit 50S ribosom utuh. Ribosom bergerak sepanjang mRNA menunjukkan kodon berikutnya. Ikatan peptide terbentuk, diantara asam amino, proses ini terus berjalan hingga kodon akhir mRNA. Setelah melalui proses diteruskan dari satu sel ke sel lainnya, dengan cara berikut: (Volk & Wheeler, 1993):

1) Transformasi, memurnikan DNA, memasukkan kembali ke dalam bakteri secara in vitro. Digunakan untuk produksi genetika sehingga sel mempunyai DNA dari berbagai tipe sel serta untuk rekayasa genetika
2) Tranduksi, transfer DNA dari sel satu ke sel lain perantara bakteri (bakteriofage). Bila bakteriofage menginjeksi asam nukleat ke dalam sitoplasma, terjadi mekanisme bakteri menyandi enzim-enzim DNA bakteri yang rusak dan membentuk asam nukleat fage serta pembungkus protein fage yang lebih banyak.
3) Konjugasi, transfer DNA langsung dari sel ke sel, merupakan mekanisme utama tranfer resistensi obat, dapat terjadi pada spesies dekat dan genus yang berbeda.

## B. Metabolisme Bakteri

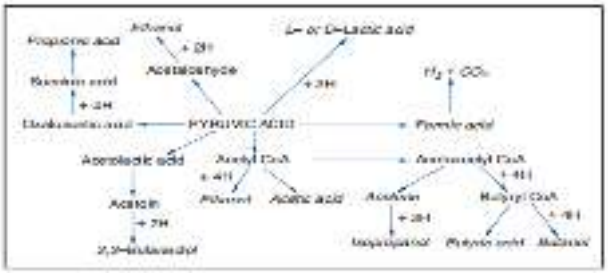
Metabolisme mikroba, reaksi biokimia bakteri untuk memecah senyawa organik untuk pertumbuhan, perkembangbiakan, pembelahan sel, pembaharuan sel beserta komponen (Staf Pengajar FKUI, 1994; Waluyo, 2016). Energi berupa ATP (Adenosin Triphosphate) dan pengaktifan subunit

berasal dari pemecahan komponen substrat. Reaksi biokimia tergantung aktivitas enzim tertentu. Sehingga metabolisme bisa diatur dalam sel, dengan pengaturan produksi enzim, produk akhir tertentu dari substrat, dan pengaturan pH media (Aldridge & Rhee, 2014; Esser et al., 2015).

Metabolisme terdiri dua proses, anabolisme dan katabolisme. Anabolisme proses sistesis protoplasma, penggunaan energi untuk pembangunan sel, katabolisme proses oksidasi substrat/ degradasi yang diikuti perolehan energi (Waluyo, 2016). Reaksi biokimia dan metabolisme bakteri penting dalam laboratorium klinis (suatu jenis regulasi genetik, produksi enzim diinduksi atau ditekan oleh molekul dalam sel) atau pengaturan aktivitas enzim (melalui penghambatan umpan balik, produk reaksi enzimatik atau reaksi enzimatik berhasil menghambat aktivitas enzim). Enzim yang berperan penting dalam metabolisme adalah (M. & A. Jawetz, 2001; Staf Pengajar FKUI, 1994):

a. Dehidrogenasa, mempercepat reaksi reduksi, oksidasi.
b. Flavoprotein, sebagai transport Hidrogen pada proses respirasi)
c. Sitokrom, membantu repirasi bakteri aerob untuk transport Hidrogen ke $O_2$.

Bakteri berbeda kemampuan menggunakan senyawa sebagai substrat dan produk akhir. Metabolisme ini penanda perbedaan fenotipik identifikasi bakteri. Skema diagnostik menganalisis setiap mikroorganisme yang tidak diketahui (1) memanfaatkan berbagai substrat sebagai sumber karbon, (2) menghasilkan produksi tertentu dari berbagai substrat, dan (3) menghasilkan pH asam atau basa dalam media uji (Mahon MS & Lehman EdD MLScm SM, 2019; Shapiro, 2001)

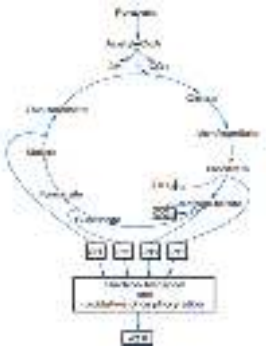



Gambar 3.3 Fermentasi Asam piruvat pada mikroorganisme(Mahon MS & Lehman EdD MLScm SM, 2019)

Pada proses metabolism memerlukan energi diambil saat proses fermentasi dan fotosintesis. Hasil reduksi menghasilkan ATP dan energi untuk proses selanjutnya. Senyawa energi tinggi disebut CoA sebagai penyalur energi (Staf Pengajar FKUI, 1994; Waluyo, 2016).

**1. Fermentasi dan Respirasi**

Fermentasi dan Respirasi proses biokimia mengkatabolisme karbohidrat dan menghasilkan energi. Fermentasi, proses anaerobik secara obligat, fakultatif dan anaerob aerotoleran. Fermentasi menghasilkan nikotinamida adenin dinukleotida (NAD), molekul untuk mempertahankan siklus Krebs (gambar 3.4).



Gambar 3.4 Siklus kreb asam trikarboksilat (Smith & Brown, 2017)

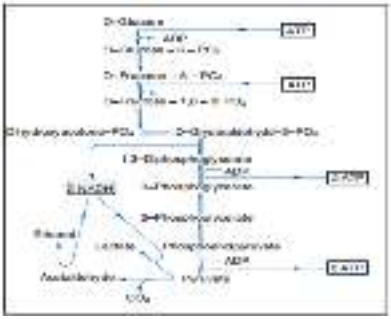
Ketika fermentasi terjadi, campuran produk akhir (missal: laktat, butirat, etanol, dan asetoin) terakumulasi dalam medium. Analisis produk akhir untuk identifikasi bakteri anaerob, yang digunakan dalam Voges-Proskauer (VP) dan tes metil merah, dua tes diagnostik dalam identifikasi Enterobacteriaceae. Diagnostik menunjukkan jenis pemanfaatan fermentatif atau oksidatif dari karbohidrat gula dengan hasil pH asam untuk mengetahui spesies bakteri. Bakteri heterotrof atau bakteri pathogen menggunakan zat organik sebagai sumber Carbon untuk mendapatkan energi, sedangkan bakteri autotrop mendapatkan carbon dalam bentuk anorganik. Bakteri autotrop kemostatik memperoleh energi secara oksidasi atau respirasi/oksidasi bahan organik seperti Fe dan $NH_3$. Bakteri autotrop fotosintetik dengan sintesa cahaya.

Respirasi aerobik (oksidasi), proses molekul oksigen ($O_2$) sebagai akseptor elektron terakhir. Proses aerob obligat dan anaerob fakultatif. Respirasi anaerobik, molekul selain oksigen, seperti nitrat dan sulfat, bertindak sebagai akseptor elektron terakhir. Respirasi anaerobik energi dihasilkan lebih sedikit daripada aerobik

**a) Proses Biokimia Glukosa menjadi Asam Piruvat**

Karbohidrat awal untuk fermentasi atau oksidasi bakteri adalah glukosa. Ketika bakteri menggunakan gula lain sebagai sumber karbon, pertama mreubah gula menjadi glukosa, diproses dengan salah satu dari tiga jalur. Jalur ini menghasilkan asam piruvat, zat antara tiga karbon utama. Terdapat tiga jalur memecah glukosa menjadi asam piruvat yaitu :

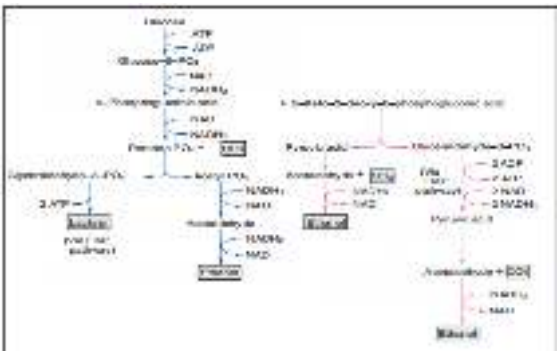
1. Jalur glikolitik *Embden-Meyerhof-Parnas* (EMP).
   Glukosa – glukosa 6 fosfat – fosfogliseraldehide – fosfogliserat – fosfoenolpiruvat - piruvat



Gambar 3.5 Glikolisis Embden-Meyerhof-Parnas (EMP)(Mahon MS & Lehman EdD MLScm SM, 2019)

NAD serta fosfor berperan pada proses ini, adapun reaksinya;
Glukosa – 2 NAd + 2ADP +2P' ⟶ Piruvat + 2NADH + ATP

2. Jalur pentosa fosfat (*Pentosa Phosphate pathway*)
Prosesnya adalah sebagai berikut :
Glukosa – glukosa 6 fosfat -6 fosfoglukonat -pentosa fosfat
Jalur ini dilakukan oleh bakteri yang tidak mempunyai enzim aldolosa dan triosa $PO_4$ isomer yang digunakan pada EMP.



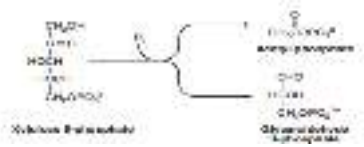
Gambar 3.6 Jalur Pentosa Fosfat (Mahon MS & Lehman EdD MLScm SM, 2019)

3. Jalur Entner-Doudoroff melalui pembentukan deoksiglukonat. Reaksi yang terkait dengan jalur spesifik fermentasi karbohidrat.

Glukosa – 6 fosfoglukonat – ketodeoksiglukonat – piruvat + gliseraldehid.

Gambar 3.7 Reaksi fosfoketolase(M. and A. Jawetz, 2007).

Glukosa - dehidrasi 6-fosfoglukonat- aldolase ⟶ piruvat + triosa fosfat



Gambar 3.8 Reaksi dehidrasi dan aldolase yang digunakan pada jalur Entner-Doudoroff.

Cara ini digunakan oleh bakteri *Pseudomonas* dan *E.coli*.

**b) Pemanfaatan Piruvat Asam Secara Anaerob (Fermentasi)**

Asam piruvat merupakan zat antara dari metabolisme. Bakteri merubah piruvat menjadi alkohol, asam laktat, asam butirat, asam propionate, asetat dan lain-lain dengan fermentasi. Berikut produk akhir fermentasi sebagai penada fenotipik bakteri (Smith & Brown, 2017b).

1. Fermentasi alkohol: produk akhir etanol, digunakan ragi ketika memfermentasi glukosa
2. Fermentasi homolaktik: produk akhir asam laktat. Dilakukan oleh Anggota genus *Streptococcus*, genus *Lactobacillus* memfermentasi piruvat.
3. Fermentasi heterolaktik: Beberapa laktobasillus menggunakan campuran jalur fermentasi, yang selain

asam laktat, produk akhirnyakarbon dioksida, alkohol, asam format, dan asam asetat.

4. Fermentasi asam propionat: produk akhir *Propionibacterium acnes* dan beberapa basil gram positif anaerobik yang tidak berspora.
5. Fermentasi asam campuran: genera *E. coli*, *Salmonella*, dan *Shigella,* Enterobacteriaceae melakukan fermentasi karbohidrat hasil asam seperti laktat, asetat, suksinat, dan formik. Asam kuat yang dihasilkan dasar positif reaksi uji metil merah oleh organisme.
6. Fermentasi butanediol: bakteri *Klebsiella*, *Enterobacter* dan *Serratia* dalam Enterobacteriaceae. Produk akhir berupa asetoin (asetil metil karbinol) dan 2,3-butanediol. Deteksi asetoin sebagai dasar reaksi VP positif. Sedikit asam dihasilkan, reaksi VP positif biasanya reaksi negatif pada uji metil merah, dan sebaliknya (Murray et al., 2003).
7. Fermentasi asam butirat: Bakteri anaerob obligat tertentu, termasuk *Clostridium spp., Fusobacterium*, dan *Eubacterium*, menghasilkan asam butirat sebagai produk akhir asam asetat, karbon dioksida, dan hidrogen.

**2. Metabolisme Lemak dan Metabolisme Protein**

Permulaan metabolisme lemak reaksinya memerlukan pengaktifan asam lemak menggunakan CoA dengan hasil gliserol dan asetil CoA.

Pada sintesa protein perlu nitosa dan diambil dalam bentuk $NH_3$ atau $NO_3$. Sintesanya mengikuti pola dari DNA dan RNA. DNA sebagai penentu sintesa protein, RNA sebagai pembawa informasi.

# Daftar Pustaka

Aldridge, B. B., & Rhee, K. Y. (2014). Microbial metabolomics: innovation, application, insight. *Current Opinion in Microbiology*, *19*, 90–96.

Esser, D. S., Leveau, J. H. J., & Meyer, K. M. (2015). Modeling microbial growth and dynamics. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *99*, 8831–8846.

Jawetz, M. and A. (2007). *Medical Microbiology* (24th ed.).

Jawetz-Melnick-Adelbergs. (2016). *-Medical-Microbiology-27-edition* (27th ed.).

Mahon MS, C. R., & Lehman EdD MLScm SM, D. C. (2019). *Evolve Student Resources for Mahon: Textbook of Diagnostic Microbiology, Sixth Edition, include the following: • Laboratory Manual • NEW Student Review Questions • NEW Case Studies MORE THAN A TEXTBOOK!* http://evolve.elsevier.com/Mahon/microbiology/YOU'VEJUSTPURCHASED

Murray, P. R., Baron, E. Jo., American Society for Microbiology., P., & Whittier, S. (2003). Manual of clinical microbiology. In *Manual of clinical microbiology*.

Shapiro, H. M. (2001). Microbiology. *Clin Lab Med*.

Smith, H., & Brown, A. (2017a). *Loose Leaf for Benson's Microbiological Applications 14e Laboratory Manual ini General Microbiology Complete Version* (24 th). Published by McGraw-Hill Education.

Smith, H., & Brown, A. (2017b). *LooseLeaf for Benson's Microbiological Applications Laboratory Manual--Complete Version*.

Staf Pengajar FKUI. (1994). *Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran*. Binarupa Aksara.

Volk & Wheeler. (1993). *Mikrobiologi Dasar* (M. Adisoemarto Soenarto, Ed.; 5th ed., Vol. 1). Penerbit Erlangga.

Waluyo, L. (2016). *Mikrobiologi Umum* (cetakan ke). UMM Press.

## Tentang Penulis

Erni Yohani Mahtuti,S.Pd.,M.Kes., Menyelesaikan pendidikan tinggi; Pendidikan Sarjana (S-1) pada Program Studi FKIP MIPA Biologi di Universitas Muhammadiyah Malang, (1999); Pendidikan Magister (S-2) pada Program Studi Ilmu Kedokteran Dasar Peminatan Mikrobiologi di Universitas Airlangga, Surabaya (2004). Saat ini tercatat sebagai dosen tetap di Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, STIKes Maharani Malang. Penulis telah menulis beberapa artikel, yang diterbitkan pada jurnal nasional, dan menulis buku referensi dan *book chapter*. Penulis dapat dihubungi melalui email: yohanierni@gmail.com atau HP/WA 0857 5557 3579.

# .:: BAB 3 ::.

## BAKTERI PATOGEN GRAM POSITIF (+) KOKUS

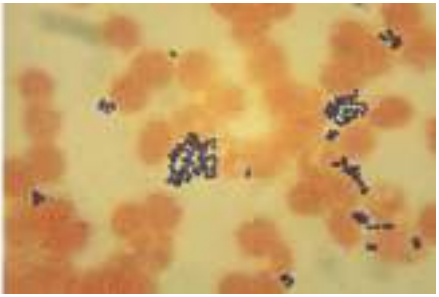
**Ainutajriani**
Universitas Muhammadiyah Surabaya
*ainutajriani@um-surabaya.ac.id*

### A. *Staphylococcus Aureus*

*Staphylococcus aureus* adalah bakteri patogen oportunistik gram-positif aerob yang sering ditemukan di kulit dan selaput mukosa manusia. *S. aureus* dapat menyebabkan berbagai infeksi piogenik, sistemik, infeksi akut, kronis, serta sindrom yang diperantarai oleh toksin di lingkungan perawatan kesehatan dan masyarakat. *S. aureus* merupakan patogen utama pada manusia, dan hampir setiap orang pernah mengalami infeksi berat, mulai dari keracunan makanan hingga infeksi kulit yang ringan hingga berat. *S. aureus* biasanya disebut sebagai patogen intraseluler. Sifat-sifat ini dapat membantu mempertahankan bakteri, melindunginya dari antibiotik, dan menjaga pertahanan kekebalan tubuh tetap utuh (Fetsch, 2017; Rini & Rohmah, 2020).

#### 1) Morfologi

*S. aureus* merupkan bakteri kokus gram positif, berukuran 0,5–1,5 μm, tersusun dalam kelompok/bergerombol seperti anggur, non-motil, tidak berkapsul, dan tidak berspora (Gambar 1). Akan tetapi beberapa strain memiliki kapsul (Kannan, 2023; Vasanthakumari, 2016).



Gambar 1. Morfologi sel *S. aureus*
(Sumber : Luis *et al*., 2020)

**2) Patogenesis *S. aureus***

Kemampuan *S. aureus* menyebabkan penyakit dikenal sebagai patogenisitas. Bakteri menunjukkan patogenisitas melalui virulensinya. Sifat struktural, biokimia, atau genetik adalah faktor penentu virulensi pathogen. Dalam proses patogenesis *S. aureus,* bagian ekstraseluler dan dinding sel berkolaborasi untuk ekspresi pada tahapan yang berbeda selama infeksi. Selama awal kolonisasi, ekspresi adhesin dinding sel termasuk protein A, fibrinogen dan fibronectin binding proteins, dan collagen binding proteins yang termasuk dalam MSCRAMM, sementara produksi toksin berkaitan dengan penyebaran ke jaringan (seperti toksin, hemolisin, lipase, proteases, dll) pada tahap akhir infeksi (Anas, 2022; Sahli, 2023).

Ada dua cara utama patogenitas bakteri yang menyebabkan penyakit adalah sebagai berikut :

a. Kemampuan untuk memasuki jaringan disebut invasi. Ini termasuk mekanisme kolonisasi (perlekatan dan multiplikasi awal), pembuatan zat ekstraselular yang memungkinkan invasi (invasin) dan kemampuan mengalahkan mekanisme pertahanan hospes (Anas, 2022).

b. Kemampuan bakteri untuk menghasilkan toksin dikenal sebagai toksogenesis. Bakteri menghasilkan dua jenis toksin yaitu eksotoksin dan endotoksin. Beberapa toksin bakteri dapat beraktifitas di tempat mereka berkoloni dan melakukan invasi (Anas, 2022).

**3) Karakteristik pada media pertumbuhan bakteri**

*S. aureus* bersifat aerob atau anaerob fakultatif, yang berarti dapat tumbuh dengan oksigen atau tanpa oksigen. Suhu pertumbuhan ideal adalah 37°C dan pH ideal adalah 7,5 yang dapat tumbuh di media umum (Kannan, 2023; Vasanthakumari, 2016).

a. Nutrient Agar (NA)

Sebagian besar strain *S. aureus* aerobik menghasilkan koloni berpigmen kuning keemasan, tetapi beberapa strain berwarna putih dan tidak berpigmen. Karoten sebagai zat yang membuat warna kuning. Nama spesies "*aureus*" berasal dari koloni bakteri yang khas berwarna kuning. Koloni berbentuk lingkaran dengan seluruh tepi, cembung, halus, buram, dan mudah mengemulsi. Tampak seperti koloni berwarna kuning keemasan (Kannan, 2023; Vasanthakumari, 2016).

b. Agar Darah Plate (BAP)

*S. aureus* menghasilkan koloni beta-haemolitik ditandai dengan zona hemolisis yang jelas disekeliling koloni bakteri pada media agar darah domba, manusia, atau kelinci (Kannan, 2023; Vasanthakumari, 2016).

c. Mannitol Salt Agar (MSA)

Toleransi terhadap garam adalah ciri khas utama *S. aureus*. Bakteri ini tumbuh dengan baik pada 7% hingga 10% natrium klorida (NaCl). Ini dapat dilihat dari garam manitol yang mengandung 1% manitol dan 7,5% natrium klorida

dengan fenol merah sebagai indikator. Fermentasi manitol menghasilkan koloni kuning (Kannan, 2023; Vasanthakumari, 2016).

d. Media cair

Menghasilkan kekeruhan seragam dan tidak ada pembuatan pigmen (Kannan, 2023; Vasanthakumari, 2016).

**4) Karakteristik Biokimia**

a. Fermentasi gula

*S. aureus* mampu memfermentasi gula seperti glukosa, maltosa, laktosa, sukrosa, dan manitol. Fermentasi manitol menghasilkan asam tetapi tidak menghasilkan gas. Fermentasi ini membantu membedakan *S. aureus* dari spesies *Staphylococcus* patogen lainnya (Kumar, 2015)

b. Uji katalase

Semua *Staphylococcus* positif katalase, hal ini yang membantu membedakan dari *Streptococcus* (Kumar, 2015).

c. Uji Koagulase

Berbagai mikroorganisme menghasilkan protein yang disebut koagulase yang memungkinkan mengubah fibrinogen menjadi fibrin. Uji koagulase digunakan untuk membedakan berbagai strain *S. aureus* (Alexander & Enany, 2017)

d. Uji fosfatase

Tes ini menghasilkan enzim fosfatase. Ini berguna untuk membedakan *S. aureus* dari *S. epidermidis,* karena *S. epidermidis* memiliki fosfatase negative (Kumar, 2015).

e. Tes biokimia

Uji biokimia menunjukkan hasil indol negatif, MR-VP positif, urease positif, menghidrolisis gelatin, dan mereduksi nitrat menjadi nitrit (Kumar, 2015).

## B. *Staphylococcus Epidermidis*

Bakteri *Staphylococcus epidermidis* selalu ditemukan pada kulit normal manusia. Akan tetapi dapat menyebabkan penyakit ketika pertahanan inang menurun (Kumar, 2015). S. *epidermidis* agen patogen utama pada infeksi nosokomial dan sepsis, terutama pada pasien yang menggunakan alat implant seperti prostheses sendi, shunt serebrospina, dan kateter intravascular yang membentuk biofilm. Infeksi ini terutama terjadi pada anak-anak, pasien usia lanjut dan individu dengan imunokompromise. *S. epidermidis* dapat menyebabkan penyakit seperti septicaemia dan endocarditis. Gejalanya termasuk demam, sakit kepala, kelelahan, dan anoreksia dan dispnea (Rini & Rohmah, 2020).

*S. epidermidis* adalah penyebab infeksi saluran kemih yang paling sering terjadi rumah sakit. Hal ini berpotensi menyebabkan septikemia dan endocarditis, selain itu dapat mengakibatkan masalah kecil seperti jerawat, pustule dan infeksi pada jahitan abses (Vasanthakumari, 2016).

*S. epidermidis* memiliki morfologi yang mirip dengan *S. aureus*. Berbentuk kokus bergerombol, gram positif, memiliki katalase positif, dan koagulase negatif menggunakan metode slide dan tabung, (Gambar 2), tidak menyebabkan hemolisis darah dan koloninya berwarna krem, putih hingga abu-abu pada agar darah yang dapat dilihat pada Gambar 2 (Sizar et al., 2023; Vasanthakumari, 2016). *S. epidermidis* dapat tumbuh pada media *Mannitol Salt Agar* (MSA), tetapi tidak dapat memfermentasi manitol dan DNase negatif (Delost, 2020).

Gambar 2. *S. epidermidis* pada media agar darah
(Sumber : Delost, 2020)

Infeksi yang berkaitan dengan perangkat medis dan sebagian besar infeksi aliran darah disebabkan oleh *S. epidermidis*. Biofilm yang digunakan pada sendi prostetik, terutama implan lutut dan pinggul, dapat menyebabkan sepsis dan infeksi sendi. Infeksi darah terkait kateter, cangkok pembuluh darah, stent koroner, port yang ditanamkan, dan kateter intravaskular adalah contoh infeksi lain. *S. epidermidis* dapat menginfeksi pirau sistem saraf pusat, menyebabkan infeksi terkait pirau cairan serebrospinal. Selain itu, ia terkait dengan endokarditis infeksi katup prostetik. *S. epidermidis* menghasilkan "lendir" yang terdiri dari eksopolisakarida, toksin, dan bahan ekstraseluler lainnya, yang membuatnya lebih mudah melekat pada perangkat prostetik (Delost, 2020).

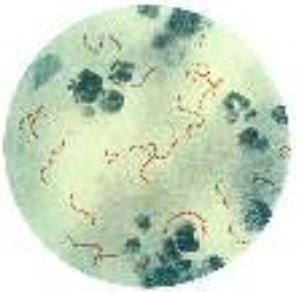
## C. *Streptococcus Pyogenes*

Bakteri patogen utama yang spesifik pada manusia adalah *Streptococcus pyogenes* (*Streptococcus* Grup A), menyebabkan berbagai gejala, mulai dari infeksi lokal yang ringan hingga infeksi invasif yang mengancam jiwa. Gejala setelah infeksi imunologik dapat berupa demam rematik akut dan glomerulone-

phritis. Penyakit ini juga menyebabkan infeksi invasif seperti necrotizing fasciitis dan sindrom syok toksik yang memiliki tingkat morbiditas dan mortalitas yang tinggi. Selain itu, *S. pyogenes* dapat menyebabkan infeksi piogenik seperti faringitis, selulitis, impetigo, erisipelas, infeksi toksigenik seperti demam berdarah (Kanwal & Vaitla, 2023; Sizar et al., 2023).

**1) Morfologi**

*S. pyogenes* adalah gram positif yang memiliki bentuk dengan diameter 0,5 - 1,0 mm. Dapat membentuk rantai pendek atau panjang, tergantung pada strain dan kultur media (Gambar 3). Sel bakteri membelah dalam satu area dan sel anak tidak dapat memisahkan diri sepenuhnya sehingga pembentukan rantai. Media cair memiliki rantai yang lebih panjang daripada media padat. *S. pyogenes* tidak memiliki spora, tidak berkapsul dan tidak dapat bergerak. Kapsul asam hialuronat dihasilkan oleh beberapa strain *S. pyogenes* dan beberapa strain grup C, sedangkan anggota grup B dan D menghasilkan kapsul polisakarida, yang mungkin ditemukan pada kultur yang masih sangat muda (Kannan, 2023; Kumar, 2015).



Gambar 3. Morfologi sel *S. pyogenes*
(Sumber : Kanwal & Vaitla, 2023)

**2) Patogenesis *S. pyogenes***

Protein M yang diekspresikan di permukaan dan kapsul membantu *S. pyogenes* melekat pada sel epitel dengan mengikat ke CD46, struktur glikan tertentu, dan CD44. Toksin streptoko-

kus pirogenik eksotoksin B (SpeB) dan streptolisin S (SLS) yang dilepaskan pada permukaan epitel mengganggu kestabilan protein penghubung sel epitel yang mengakibatkan adhesi. Setelah bakteri masuk ke dalam sel epitel, reaksi gabungan streptolisin O (SLO) dan NAD glikohidrolase (NADase) mengganggu jaringan Golgi. Akibatnya, integritas penghalang epitel terganggu. Kematian sel yang diinduksi streptolysin (SLS & SLO) dan NADAse dapat menyebabkan invasi jaringan di bawahnya. Selain itu, kematian sel piroptotik yang bergantung pada gasdermin A (GSDMA) dapat menyebabkan invasi pada sel epitel. Kerusakan jaringan menyebabkan respons inflamasi yang kuat yang ditandai dengan banyaknya infiltrasi sel imunitas bawaan dan adaptif yang tertarik pada berbagai rangsangan, termasuk cathelicidin LL-37, sitokin proinflamasi interleukin-8 (IL-8), dan IL yang diaktifkan SpeB-36γc (Brouwer et al., 2023).

*S. pyogenes* membentuk berbagai mekanisme untuk melindungi sistem kekebalan tubuh inang, termasuk melawan LL-37 dan IL-8 oleh SpeB. Bakteri yang mengandung faktor inang seperti histon, plasminogen, dan fibrinogen menghambat pengenalan kekebalan. Protein pertahanan inang seperti fibrin dan histon, serta sistem kontak manusia, juga merupakan target proteolitik untuk kompleks streptokinase (SK)-plasmin yang terikat di permukaan yang membantu penyebaran bakteri. Dengan menggunakan Streptolysin SLS, pelepasan saraf peptida terkait gen kalsitonin (CGRP) ke dalam jaringan yang terinfeksi dihentikan. Ini menghentikan kerja neutrofil dan aktivitas bakterisida. Deoksiribonuklease ekstraseluler (DNases) menghancurkan DNA perangkap neutrofil ekstraseluler (NET), yang memungkinkan bakteri untuk menghindari pembunuhan neutrofil. Aktivitas SLO dan NADAse yang terkoordinasi menghentikan pematangan fagolisosom, menghentikan sekresi IL-8, dan meningkatkan kelangsungan hidup bakteri di makrofag (Brouwer et al., 2023).

Di tempat lain, streptolisin SLO dan SLS bersama dengan protein M mengaktifkan jalur inflamasi untuk menginduksi produksi IL-1β dan piroptosis. Selain itu, SpeB membelah dan mengaktifkan pro-IL-1β secara independen terhadap inflamasi. Bakteri menggunakan strategi bertahan hidup untuk menghindari imunitas adaptif dengan sekresi enzim pendegradasi IgG IdeS, Mac-2 dan EndoS. Ini memungkinkan bakteri untuk menghindari opsonisasi IgG dan pengenalan FcγR pada fagosit. Sebaliknya, superantigen mengaktifkan sistem kekebalan adaptif secara berlebihan melalui ikatan silang molekul MHC kelas II pada sel penyaji antigen (APC) dan reseptor sel T (TCR). Hal ini menyebabkan peristiwa yang disebut "badai sitokin". Pelapisan sel bakteri dimediasi oleh protein S dengan fragmen sel darah merah (RBC) yang telah dilisiskan, yang berasal dari aktivitas hemolitik SLO dan SLS. Ini memungkinkan bakteri untuk bertahan dan menyebar dari pembuluh darah (Brouwer et al., 2023).

**3) Karakteristik pada media pertumbuhan bakteri**

*S. pyogenes* bersifat aerob atau anaerob fakultatif dan tumbuh dengan baik pada suhu 37°C (22°C - 42°C). pH ideal untuk perkembangan bakteri ini adalah 7,4-7,6. Hal ini membutuhkan nutrisi, dan pertumbuhan hanya dapat terjadi di media yang mengandung karbohidrat yang dapat diperkaya dengan darah atau serum (Kannan, 2023; Kumar, 2015; Vasanthakumari, 2016).

a) *Blood Agar*

Koloni *S. pyogenes* pada agar darah berukuran kecil (diameter 0,5 - 1 mm), melingkar, semi transparan, dan cembung. Menghasilkan zona beta-haemolisis yang luas yang berfungsi sebagai penanda untuk identifikasi awal. Koloni matt (butiran halus) mengandung antigen M yang merupakan strain virulen, sedangkan strain avirulen membentuk koloni yang mengkilap (Kannan, 2023; Kumar, 2015; Vasanthakumari, 2016).

b) Media cair (serum dan glukosa)

*S. pyogenes* dapat tumbu baik pada media cair yang ditanadai dengan kekeruhan granular dengan endapan tepungpada media dan pelikel tidak terbentuk (Kannan, 2023; Kumar, 2015; Vasanthakumari, 2016).

**4) Karakteristik Biokimia**

*S. pyogenes* tidak memiliki katalase, tidak larut dalam 10% empedu tidak seperti dengan *S. pneumoniae*. Memfermentasi beberapa gula yang menghasilkan asam dan tidak membentuk gas seperti maltosa, manitol, dekstrin, sorbitol, trehalosa, laktosa, dan maltose, tidak memfermentasi ribose. Positif tes hidrolisis pyrrolidonyl naphthylamine (tes PYR), tes ini daapt membedakan streptokokus grup A dari streptokokus lainnya (Kannan, 2023; Kumar, 2015; Vasanthakumari, 2016).

## D. *Streptococcus Pneumoniae*

Awalnya dikenal sebagai *Diplococcus pneumoniae* (*Pneumococcus*), bakteri ini telah berganti nama menjadi *S. pneumonia* karena hubungan genetiknya dengan streptokokus. *S. pneumonia* adalah flora normal dari saluran pernapasan bagian atas, menyebabakan penyakit pneumonia, otitis media, sinusitis, and meningitis (Sizar et al., 2023; Vasanthakumari, 2016)

Gejala batuk dan bersin merupakan ciri - ciri infeksi pneumonia yang disebabkan oleh *S. pneumonia*. Anak usia kurang dari 5 tahun sangat rentan mengalami pneumonia berat yang disertai dengan batuk dan kesulitan bernapas. Sistem kekebalan tubuh anak tersebut sangat lemah, yang membuat mereka rentan terhadap penyakit yang ditularkan melalui udara (Rini & Rohmah, 2020).

**1) Morfologi**

Ciri-ciri morfologi *S. pneumoniae* adalah sebagai berikut: kokus Gram positif dengan diameter 0,5-1,25 μm, sel-sel yang lebih tua cepat berubah warna dan mungkin terlihat Gram

negatif. Spesimen klinis biasanya memiliki bentuk "lanset" dengan satu ujung runcing dan ujung lainnya bulat. *S. pneumoniae* tersusun berpasangan atau diplokokus, dengan ujung yang lebar menempel di satu sama lain (Gambar 4). Biasanya lebih bulat dan tersusun dalam rantai pendek dan memiliki kapsul. Setiap pasang kokus terdiri dari kapsul polisakarida. Pewarnaan khusus dapat diterapkan secara langsung pada kapsul, atau reaksi Quellung atau pewarnaan negatif tinta India dapat diterapkan. Tidak bergerak dan tidak berspora (Delost, 2020; Parija, 2013).

Gambar 4. Morfologi sel *S. pneumoniae*
(Sumber : Kannan, 2023)

**2) Karakteristik kultur bakteri**

*S. pneumoniae* bersifat aerob atau anaerob. Tumbuh pada suhu ideal 37°C (25°C - 42°C) dengan pH 7,8 (antara 6,5-8,3). Bakteri ini hanya dapat tumbuh di media yang diperkaya, seperti agar darah 5-10% dalam kondisi $CO_2$ atau agar coklat yang berfungsi sebagai penyangga pH dan sumber nutrisi (Parija, 2013).

a) Agar darah

Morfologi koloni *S. pneumoniae* dalam agar darah bervariasi tergantung pada sifat strain (terkapsul atau tidak terkapsul), jenis inkubasi (aerobik atau anaerobik), dan waktu inkubasi.

- Koloni yang diinkubasi anaerobik menunjukkan beta hemolisis, tetapi yang diinkubasi secara aerobik menunjukkan alfa hemolisis.
- Strain yang dikapsulasi setelah inkubasi semalam menghasilkan koloni bulat dengan berlendir berukuran 1-3 mm. Beberapa strain, seperti *S. pneumoniae* tipe 3, menghasilkan banyak bahan kapsuler yang menghasilkan koloni berlendir yang besar. Strain yang tidak berkapsul menghasilkan koloni yang kecil dan datar.
- Koloni mengalami autolisis selama inkubasi yang lama. Bagian tengahnya, yang dikenal sebagai umbonation, menjadi rata atau tertekan, dan bagian tepinya menjadi terangkat. Produksi enzim intraseluler, seperti amidase, yang melisiskan bakteri, menyebabkan umbonation (koloni draughtsman). Autolisis bakteri koloni dibantu oleh zat aktif permukaan seperti garam empedu dan natrium lauril sulfat (Delost, 2020; Parija, 2013).

### 3) Karakteristik Biokimia

*S. pneumoniae* dapat memfermentasi gula yang dilakukan dalam air serum Hiss atau dalam lereng agar serum, menghasilkan asam tetapi tidak menghasilkan gas. Selain itu, dapat memfermentasi inulin, dan ini merupakan tes penting untuk membedakannya dari streptokokus yang tidak memfermentasi inulin. Menghasilkan enzim autolitik amidase yang melarutkan peptidoglikan dari dinding sel, oleh karena itu, koloni draughtsman khas terbentuk pada kultur lama. Zat aktif permukaan seperti empedu dan garam empedu dapat menggabungkan aktivitas autolitik ini. *S. pneumoniae* bersifat katalase dan oksidase negative, kelarutan empedu positif pada semua varian terkapsul dan beberapa varian tidak terkapsul.

# DAFTAR PUSTAKA


Alexander, L. C., & Enany, S. (2017). *Frontiers in Staphylococcus aureus*. IntechOpen. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/63039

Anas, M. (2022). *infeksi spermatozoa dan karakteristik staphylococcus*. UMSurabaya Publishing.

Brouwer, S., Rivera-Hernandez, T., Curren, B. F., Harbison-Price, N., De Oliveira, D. M. P., Jespersen, M. G., Davies, M. R., & Walker, M. J. (2023). Pathogenesis, epidemiology and control of Group A Streptococcus infection. *Nature Reviews Microbiology*, *21*(7), 431–447. https://doi.org/10.1038/s41579-023-00865-7

Delost, M. D. (2020). *Introduction to Diagnostic Microbiology for the Laboratory Sciences*. Jones & Bartlett Learning.

Fetsch, A. (2017). *Staphylococcus Aureus*. Elsevier Science.

Kannan, I. (2023). *Applied Microbiology and Infection Control Practices for Nurses*. Elsevier Health Sciences.

Kanwal, S., & Vaitla, P. (2023). *Streptococcus Pyogenes*. https://doi.org/https://www-ncbi-nlm-nih-gov.translate.goog/books/NBK554528/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc

Kumar, S. (2015). *Essentials of Microbiology*. Jaypee Brothers Medical Publishers Pvt. Limited.

Luis M. de la Maza, Marie T. Pezzlo, Cassiana E. Bittencourt, E. M. P. (2020). *Color Atlas of Medical Bacteriology*. Wiley.

Parija, S. C. (2013). *Textbook of Microbiology & Immunology*. Elsevier Health Sciences.

Rini., C. S., & Rohmah, J. (2020). *Buku Ajar Mata Kuliah Bakteriologi Dasar*. UMSIDA Press.

Sahli, I. T. (2023). *Protein Biofilm Bakteri Staphylococcus aureus dan Produksi Antibodi Poliklonal*. Feniks Muda Sejahtera.

Sizar, O., Leslie, S. W., & Unakal, C. G. (2023). Gram-Positive Bacteria. *Management of Antimicrobials in Infectious Diseases*, 29–41. https://doi.org/10.1385/1-59259-036-5:29

Vasanthakumari, R. (2016). *Textbook of Microbiology*. Repro India Limited.

## TENTANG PENULIS

Ainutajriani, S.Tr.A.K., M.Kes, lahir di Bima, 13 November 1996. Menyelesaikan pendidikan tinggi; Diploma III (D3) pada Program Studi Analis Kesehatan di STIKes Mega Rezky Makassar pada tahun (2017); Diploma IV (D4) pada Program Studi Analis Kesehatan di Universitas Muhammadiyah Semarang pada tahun (2018); Pendidikan Magister (S-2) pada Program Studi Ilmu Laboratorium Klinis di Universitas Muhammadiyah Semarang pada tahun (2022). Saat ini tercatat sebagai dosen tetap pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis (ST.r TLM) Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surabaya. Penulis menekuni bidang ilmu Mikrobiologi dan biologi molekuler dan menunjukkan dedikasinya terhadap pengembangan pengetahuan di bidang tersebut melalui karya-karya penelitian dan buku referensi serta kontribusinya dalam dunia akademis. Penulis dapat dihubungi melalui email: ainutajriani@um-surabaya.ac.id.

# .:: BAB 4 ::.

## MIKROFLORA NORMAL

**Binti Mu'arofah, S.ST, S.Pd, M.Si**
D3 Teknologi Laboratorium Medis
Intitut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri
*Email: binti.muarofah@iik.ac.id*

### A. Mikroflora Normal

Tubuh orang sehat tidak ditemukan bakteri tetapi terdapat mikroflora yang jenisnya lebih dari 200, muncul sesaat setelah lahir hingga manusia meninggal. Ada 10 jenis bakteri microflora normal pada tiap sel tubuh manusia. Mikroflora normal melindungi host karena dapat mencegah invasi mikroba pathogen, mikroflora normal terdapat ditubuh manusia kulit dan mukosa. Selain itu sangat penting untuk kehidupan manusia karena memiliki peran melindungi tubuh dari infeksi bakteri patogen, membantu pembentukan vitamin K diusus besar serta merangsang pembentukan sistem kekebalan tubuh selain itu dapat membantu pembentukan mukosa usus yang normal. Faktor yang mempengaruhi penyebaran mikroflora normal dikarenakan tingkat keasaman basaan, temperatur, redoks potential, oksigen, air, kandungan nutrien serta faktor lainnya seperti Gerakan pada usus, saliva, sekresi lisozim dan immunoglobulin. Mikroflora normal bakteri tersebar sesuai keadaan bagian tubuh.

**Beberapa Mikroflora normal yang berada pada jaringan:**

1. *Difteri, Staphylococcuepidermidis* dan *Enterococcus* secara teratur terdeteksi di uretra anterior manusia. Begitu pula *Ech-*

*erichia coli, Proteus* dan *Neisseria* juga jarang ditemukan di sana.

2. *Chorinebakterium difteri* dan *Staphylococcus epidermidis* juga dominan di konjungtiva. Patogen konjungtiva yang menyebabkan infeksi termasuk *Chlamydia trachomatis* dan *Neisseria gonorrhoeae* . Biasanya, aliran air mata yang teratur, yang mengandung lisozim antimikroba, menjaga flora konjungtiva tetap terkendali.
3. Flora di usus besar secara kualitatif sebanding dengan feses. Namun spesies yang dominan adalah *Coliform ( Echerichia coli)* dan mikroba lainnya termasuk *Bacteroides anaerobik, Enterococcus, Clostridia* dan bakteri asam laktat anaerobik dalam genus *Bifidobacterium*

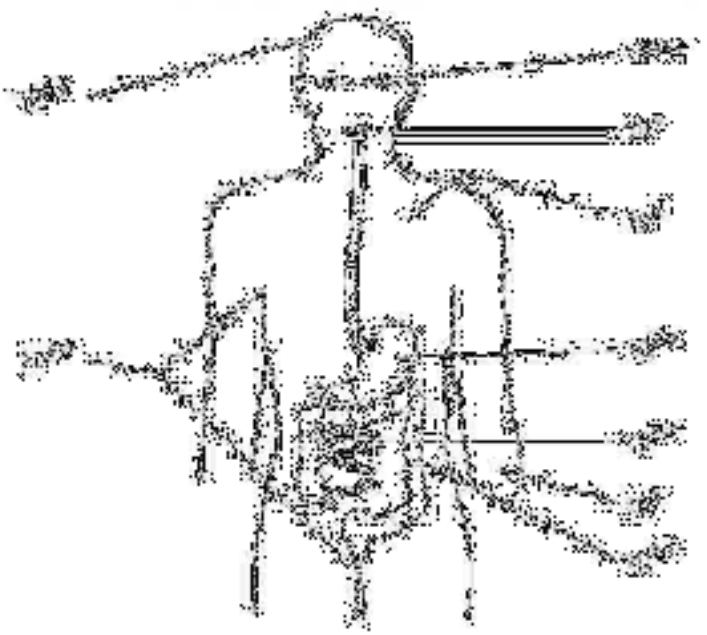
**Fungsi Mikroflora normal adalah:**

1. Sintesa vitamin K dan vitamin B12 pada usus besar, disini bakteri asam laktat membantu pembentuk vitamin B
2. Bakteri mikroflora normal dapat mencegah bakteri pathogen untuk tidak bereprikasi didalam tubuh.
3. Melawan bakteri pathogen yang masuk kedalam tubuh.
4. Merangsang pembentukan jaringan baru seperti jaringan limfatik.
5. Sebagai stimulus pembentukan antibody.

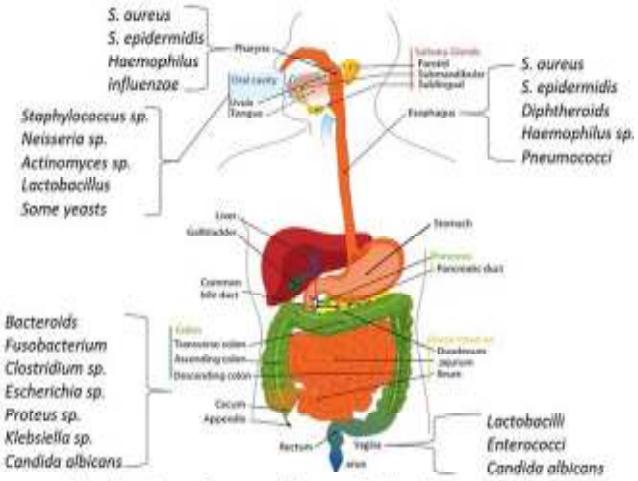
**Beberapa hal tentang Mikroflora normal adalah:**

1. Merupakan bakteri yang mampu bersimbiosis secara seimbang dengan manusia. Dalam kondisi masalah keseimbangan misalnya pemakaian bahan kimia pada vagina yang menyebabkan kematian mikroflora normal dan akan terjadi infeksi.

2. Pada kulit atau mukosa, dipengaruhi factor lingkungan sehingga jumlahnya terkadang banyak dan terkadang sedikit.
3. Pengaruh saat pengobatan infeksi dimana pemberian antibiotic mempengaruhi Mikroflora normal, misalnya *Staphylococcus* yang resisten terhadap penisilin karena pada saat terjadi infeksi kulit, antibiotik penisilin yang sering digunakan.
4. Menentukan suatu kultur atau identifikasi apakah bakteri yang ditemukan bakteri patogen atau karena kontaminasi oleh mikroflora normal
5. Microflora normal penting untuk mengetahui tingkat infeksi yang ditimbulkan bakteri pathogen.



Gambar 4.1 Jumlah bakteri pada tubuh



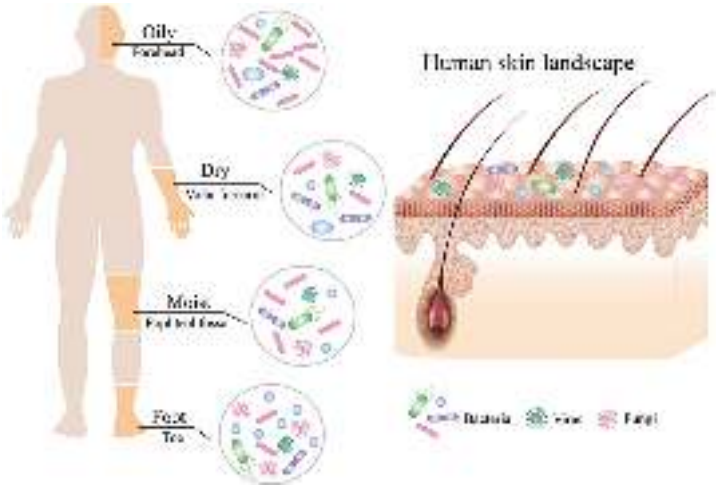

Gambar 4.2 Distribusi Mikroflora normal tubuh manusia.

## B. Mikroflora Normal pada Kulit

Kulit merupakan bagian tubuh manusia yang paling penting. Kulit ditempati oleh miliaran jenis bakteri. Bakteri yang menempati kulit manusia ada yang menguntungkan dan ada yang tidak menguntungkan. Mikroflora normal bakteri yang berbeda menjadi ciri masing-masing tiga daerah kulit: Jari kaki, tangan, wajah, dan daerah lipatan badan. Daerah lipatan badan mengandung lebih banyak mikroorganisme dibandingkan daerah kaki dan lengan. Hubungan dengan peningkatan jumlah bakteri pada keadaan lembab, suhu tubuh yang tinggi, dan konsentrasi lemak permukaan kulit yang lebih besar. Selah-selah jari atau bagian lipatan badan lebih sering ditempati oleh bakteri batang Gram negatif dibandingkan area kulit yang lebih kering.

Jumlah bakteri pada kulit seseorang relatif konstan; kelangsungan hidup bakteri sebagian bergantung pada paparan kulit terhadap lingkungan dan pada aktivitas bakterisida bawaan serta spesifik spesies pada kulit. Selain itu, tingkat spesifisitas yang tinggi juga terlibat dalam perlekatan bakteri pada per-

mukaan epitel. Tidak semua bakteri menempel pada kulit: *Staphylococcus*, yang merupakan unsur utama mikroflora hidung, dan *Streptococcus viridans* microflora normal mukosa hidung tidak terlihat dalam jumlah besar tetapi mendominasi microflora pada mulut.




Gambar 4.3 Letak Mikroflora normal pada kulit manusia

## C. Mikroflora Normal pada Mulut

Flora mulut terdapat dalam karies gigi dan penyakit periodontal, yang mempengaruhi sekitar 80 persen. Flora mulut, interaksinya dengan inang. Pada suasana anaerob flora mulut berperan atas banyak infeksi otak, wajah, dan paru-paru yang sering bermanifestasi sebagai pembentukan abses. Faring dan trakea terutama mengandung genera bakteri yang ditemukan di rongga mulut normal (misalnya, *Streptococcus α-dan β-hemolitik*); namun, bakteri anaerob, *Staphylococcus, Neisseria*, *Difteri*, dan lain-lain juga ada. Organisme yang berpotensi patogen seperti *Haemophilus*, Mikoplasma, dan Pneumokokus juga dapat ditemukan di faring. Saluran pernapasan bagian atas sering kali menjadi tempat kolonisasi awal bakteri patogen seperti ( *Neisseria meningitides* , *C. diphtheriae* , *Bordetella pertussis*) dan

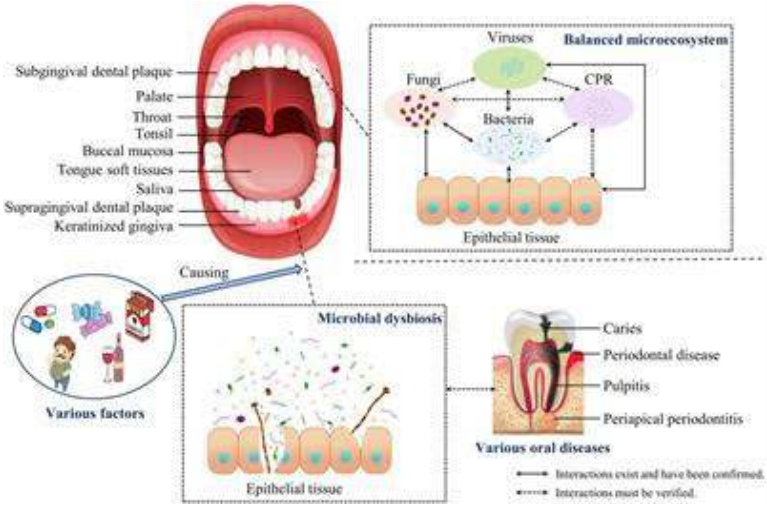
dapat dianggap sebagai tempat menginfeksi pertama organisme tersebut. Sebaliknya, bagian bronkus kecil dan alveoli tidak ditempati oleh bakteri, karena partikel bakteri tidak mudah mencapai bronkus kecil dan alveoli. Jika bakteri mencapai daerah ini, mereka akan menghadapi mekanisme pertahanan tubuh, seperti makrofag alveolar, yang tidak terdapat di faring.

Rongga mulut merupakan bagian tubuh pertama yang berhubungan dengan saluran pencernaan. Didalam rongga mulut tersusun dari bibir, pipi, lidah, langit-langit, kelenjar ludah dan gigi yang saling berhubungan satu sama lain dan selalu berikatan dalam proses berbicara, bernafas mengunyah, dan menelan makanan. Rongga mulut juga merupakan tempat tinggal bagi mikroorganisme penyebab infeksi yang dapat mengganggu kesehatan mulut.

Rongga mulut bagian tubuh yang sangat vital, karena merupakan tempat masuknya makanan kedalam tubuh. Oleh karena itu kesehatan rongga mulut sangat penting. Beberapa factor penyebab timbulnya penyakit dalam rongga mulut, antara lain minuman - minuman beralkohol, merokok dan mengkonsumsi makanan yang tingkat kematangan kurang baik, menggunakan kawat gigi, dan lain lain. Beberapa contoh penyakit dalam rongga mulut yang biasa dijumpai antara lain:

a. Gusi mengalami peradangan dan pembengkakan, karena kurang menjaga kebersihan mulut sehingga timbul karang serta plak gigi yang menumpuk dan sebagai tempat bakteri berkembang biak.
b. Terjadi kerusakan jaringan gigi hingga membentuk lubang atau disebut karies gigi,
c. Inflamasi pada jaringan dan terjadi infeksi pada gigi.
d. Peradang pada jaringan pulpa gigi.
e. Iritasi yang menyebabkan kerusakan dan kematian jaringan.

Mikroflora normal pada mulut mencapai $10^9$ per ml saliva Dimana komposisinya terdiri dari: alpha-haemolytic *Streptococcus, Branhamella, Neisseria, Haemophilus* anaerobic *Bacteroides, Peptostreptococcus, Veillonella, Actinomyces*.

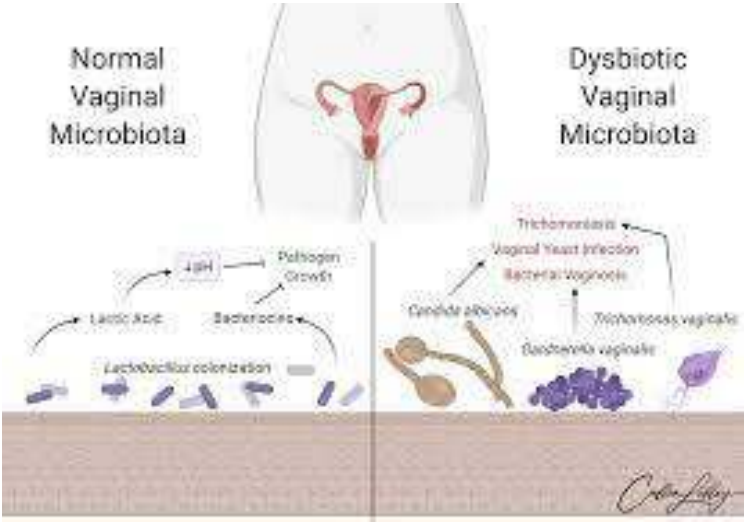



Gambar 4.4 Letak Mikroflora normal Pada Rongga Mulut Manusia

## D. Mikroflora Normal pada Urogenital

Urogenital salahsatu sistem organ reproduksi dan sistem kemih keduanya dikelompokkan bersama karena fungsinya saling membutuhkan satu sama lain, seperti uretra pria. Jenis bakteri pada urogenital tergantung dari usia, pH, dan hormon. *Lactobacillus* mendominasi pada bayi perempuan pada bulan pertama kelahiran hinga pubertas (pH vagina sekitar 5), selama masa ini, difteri, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus*, dan *Echerichia coli* hidup pada pH-7 sampai 7,3. Saat remaja, sekresi glikogen pH menjadi turun, pada Wanita dewasa mikroflora normal didominasi oleh *L. acidophilus, corynebacteria, peptostreptococci, Staphylococci, Streptococci,* dan *Bacteroides*. Setelah menopause, pH kembali meningkat, glikogen sedikit yang disekresi, bakteri kembali seperti pada remaja. *Torulopsis* dan *Candida* kadang ditemukan di vagina, saat meningkat dapat menyebabkan vaginitis. Pada manusia tepatnya

di uretra anterior dijumpai spesies bakteri nonpatogenik *Staphylococcus*, *Enterobacter*, *Diphtheroids* dan sering ditemukan; *Echerichia coli* , *Proteus* , *Neisseria* 10 hingga 30 persen. Bakteri mikroflora berada di uretra, contoh pada kultur urin secara klinis; sampel urin mengandung mikroorganisme $10^4$/ml - $10^7$ per ml sekret *Peptostreptococcus, Lactobacillus.* Mencapai $10^5$ per ml sekret berupa *Staphylococcus* dan *Corynebacterium.*




Gambar 4.5 Mikroflora normal Pada Urogenital

## E. Mikroflora Normal pada Saluran Pencernaan

Perut merupakan daerah yang kurang menguntungkan untuk bakteri karena bakteri yang masuk kedalam tubuh bersama makanan. Sementara keasaman pada lambung menurunkan jumlah bakteri, $10^3$ - $10^6$ organisme/g. Beberapa spesies bakteri yang dapat hidup dilambung *Helicobacter* berhubungan dengan gastritis tipe B serta penyakit tukak lambung. Adanya cairan duodenum atau jejunum mengandung sekitar $10^3$ bakteri/ml pada sebagian besar individu. Bakteri diantaranya adalah (*Streptococ-*

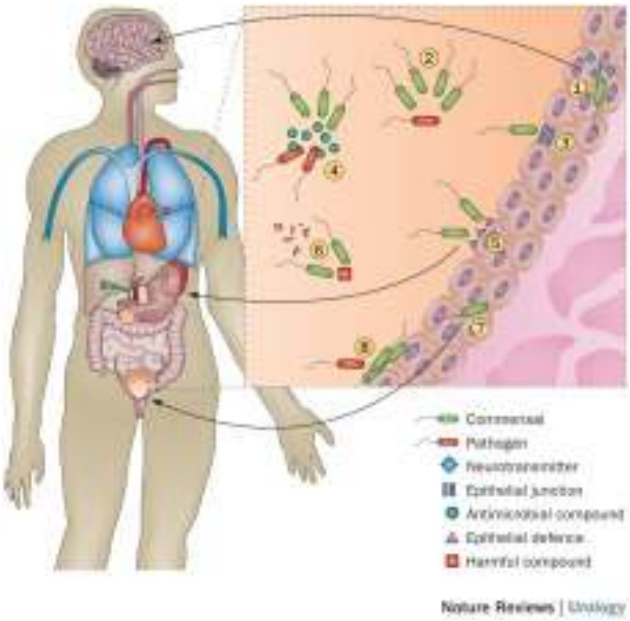
*cus, laktobasilus, Bacteroides* ) dianggap bersifat sementara. Kadar $10^5$ hingga sekitar $10^7$ bakteri/ml dalam aspirasi tersebut biasanya menunjukkan kelainan pada sistem pencernaan (misalnya, aklorhidria atau sindrom malabsorpsi). Reaksi karena adanya empedu menjelaskan kurangnya organisme di saluran pencernaan bagian atas. Pencernaan bagian bawah, populasi bakteri mulai meningkat, dan di persimpangan *ileocecal* bakteri tersebut mengalami peningkatan $10^6$ hingga $10^8$ organisme/ml, dengan dominasi *Streptococcus, laktobasilus, Bacteroides* , dan *bifidobacteria*.

Konsentrasi $10^9$ hingga $10^{11}$ bakteri/g sering didapatkan pada usus dan tinja manusia. Mikroflora ini merupakan serangkaian bakteri lebih dari 200 spesies yang sudah teridentifikasi meskipun demikian, 95 hingga 99 persen termasuk dalam genera anaerobik seperti *Bacteroides , Bifidobacterium , Eubacterium , Peptostreptococcus* , dan *Clostridium*. Didaerah lambung khusunya usus yang sangat anaerobic sebagai tempat bakteri berkembang biak, dan menghasilkan produk sisa metabolisme seperti asam asetat, butirat serta asam laktat. Produk limbah bakteri merupakan faktor yang menghambat pertumbuhan bakteri lain di usus besar.

Mikroflora normal dapat menghambat masuknya bakteri patogen kedalam tubuh yang dapat menimbulkan penyakit. Suasana anaerob di saluran usus adalah agen utama. Lubang yang terbentuk pada dinding usus efek dari radang usus buntu, kanker, infark, pembedahan, atau luka dan organ di sekitarnya dengan Mikroflora normal. Bakteri anaerob dapat menyebabkan masalah pada gastrointestinal. Pengobatan mengunakan antibiotik bisa menyebabkan bakteri menjadi resisten dan spesies mikroflora tertentu menjadi dominan serta menyebabkan penyakit. Misalnya, *Clostridium difficile*, yang dapat tetap hidup pada orang yang menjalani terapi antimikroba, selain itu bisa menyebabkan kolitis pseudomembran. Pathogenitas usus lainnya dalam pembedahan dapat menyebabkan pertumbuhan bakteri berlebih di usus kecil bagian atas. Bakteri anaerob kemudian

dapat mendekonjugasi asam empedu diwilayah ini dan mengikat vitamin B12 yang tersedia sehingga vitamin dan lemak mengalami malabsorbsi. Dalam keadaan ini, pasien biasanya telah dikompromikan dalam beberapa hal oleh karena itu, infeksi yang disebabkan oleh flora usus normal merupakan akibat sekunder.

Peran flora usus dalam biosintesis vitamin K dan produk lain yang dapat dimanfaatkan oleh inang, asam empedu menjadi kokarsinogen dan memproduksi amonia yang dapat berperan dalam komahepatik menunjukkan peran ganda mikroflora dalam menyebabkan penyakit. flora usus pada manusia juga diperlukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap manusia.




Gambar 4.6 Mikroflora normal Pada Saluran Pencernaan

## F. Mikroflora Normal pada Nasofaring

Nasofaring sendiri merupakan bagian tenggorokan yang terletak di belakang rongga hidung dan dibalik langit-langit

rongga mulut. Mikroflora normal mikroorganisme yang ditemukan pada nasofaring membran mukosa, karena mikroorganisme hidup disemua tempat yang memungkinkan terjadinya suatu kehidupan. Penyebaran maupun pertumbuhan Mikroflora normal pada nasofaring dikarenakan factor-faktor tertentu dianataranya kelembapan, nutrisi, suhu, pH, O2, air,dan adanya penghambat serta factor lainnya. Mikroflora normal berfungsi dalam pertahanan tubuh karena menghasilkan suatu zat yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme lain. Dalam kondisi tertentu Mikroflora normal dapat menimbulkan penyakit, saat keadaan imunitas seseorang sedang lemah, contoh bakteri pada nasofaring *alpha-haemolytic Streptococcus , Branhamella, Neisseria, Haemophilus, S. aureus*

## G. Mikroflora Normal pada Konjungtiva

Konjungtiva bagian selaput yang melapisi bagian dalam mata atau konjungtiva palpebra, kelopak atau konjungtiva forniks, serta lipatan yang melapisi bola mata hingga tepi kana. Konjungtiva dibagi menjadi tiga bagian yaitu *konjungtiva palpebra, konjungtiva forniks, dan konjungtiva bulb*i. Konjungtivitis merupakan peradangan, pembengkakan pembuluh darah, nyeri, gatal, dan cairan yang keluar dari mata. Berdasarkan penyakit konjungtivitis dibagi menjadi akut dan kronis. Konjungtivitis akut berlangsung selama 1-4 minggu sedangkan konjungtivitis kronis berdurasi lebih dari empat minggu.

Konjungtivitis adalah penyakit peradangan atau pembengkakan pembuluh darah, nyeri, gatal, dan cairan yang keluar dari mata, dapat menyerang semua kalangan masyarakat dari usia, demografis, atau keadaan kebersihan karena status sosial ekonomi. Flora konjungtiva jarang. Sekitar 17 hingga 49 persen sampel kultur negatif. Lisozim, yang disekresikan melalui air mata, peran dalam mengendalikan bakteri dalam pembentukan

dinding selnya. Ketika sampel positif menunjukkan bakteri, *corynebacteria, Neisseriae,* dan *Moraxellae* dikultur. *Staphylococcus* dan *Streptococcus* juga terdapat, laporan terbaru menunjukkan bahwa *Haemophilus parainfluenzae* terdapat pada 25 persen sampel. Penyebab paling umum kedua konjungtivitis menular pada orang dewasa. (1) Bakteri pada konjungtivitis akut meliputi *Neisseria gonorrhoeae, Neisseria meningitis, Streptococus pneumoniae, Haemophilus influenzae*; (2) Bakteri pada konjungtiva kronis diantaranya *Staphylococcus aureus, Moraxella lakunata*; (3) Bakteri yang sangat jarang menyebabkan konjungtivitis meliputi *Streptococcus, Moraxella catarrhalis, Corynebacterium diphtheriae, Mycobacterium tuberculosis, Chlamydia trachomatis.*

## H. Mikroflora Normal pada Kuku

Kuku adalah bentuk khusus stratum korneum yang tersusun atas keratin. Kuku manusia berfungsi sebagai proteksi jari dibagian distal memantuk memegang berbagai benda kecil, meningkatkan raba, dan untuk membantu estetis tangan. Kuku jari tangan tumbuh sekitar 5 cm setahun dan kuku jari kaki pertumbuhanya lebih lambat dari pada kuku bagian tangan. Kuku perlu diperhatikan karena kuku tumbuh secara terus menerus sepanjang waktu, jika kuku tidak dirawat atau tidak dipotong dengan benar, maka dapat menyebabkan luka pada kuku. Bakteri masuk pada selah-selah kuku jika kuku tersebut dalam keadaan kuku panjang 1-3 cm, kuku luka atau sobek, yang mengalami kerusakan dapat menyebabkan masuknya bakteri oleh sebab itu kebersihan kuku harus dijaga dan kuku rutin dipotong. Selain flora kulit yang menetap, partikel debu membawa jamur dan bakteri misalnya adanya bakteri batang Gram negative, *Pseudomonas, Klebsiella, Escherichia coli, Proteus* dan untuk jenis mikroorganisme selain bakteri adalah *Aspergillus* , *Penicil-*

*lium* , *Cladosporium* , dan *Mucor* merupakan jenis jamur utama yang ditemukan di bawah kuku.

## Daftar Pustaka


Button BM. (2013). Structure and Function of the Mucus Clearance System of the Lung. Cold Spring Harb Perspect Med.

Himayani dkk. (2023). Konjungtivitis: Etiologi, Klasifikasi, Manifestasi Klinis, Komplikasi, dan Tatalaksana.

Jawetz, Melnick, Adelberg,(2012), editors. Mikrobiologi Kedokteran, Edisi 25. Jakarta: EGC.

Kennedy JF.(2012). Dorland's Illustrated Medical Dictionary 32. Philadelphia: Elsevier

Knowles MR, Boucher RC. (2002) Mucus Clearance As a Primary Innate Defense Machanism for Mammalian Airways. J. Clin Invest; 109(5): 571-577.

Mu'arofah dan Yulian, (2023) Identifikasi Bakteri Batang Gram Negatif Pada Potongan Kuku Pedagang Nasi Tumpang Di Pasar Tradisional, JSSCR Vol. 5 No. 1: 15-21

Puspitasari, A. M., Ratnawati, D. E., & Widodo, A. W. (2018). Klasifikasi Penyakit Gigi dan Mulut Menggunakan Metode Support Vector Machine. *J-Ptiik*, 2(2),802–810

Pratami, H. A., Apriliana, E., & Rukmono, P. (2013). Identifikasi Mikroorganisme Pada Tangan Tenaga Medis Dan Paramedis Di Unit Perinatologi Rumah Sakit Abdul Moeloek Bandar Lampung. *Jurnal Majority*, *2*(5).

Staf Pengajar FK UI. (2002). Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran, Edisi Revisi. Jakarta: FK UI.

Shihab, N., Sirait, S. P., Paramitha, L., & Widaty, S. (2016). Dermoskopi Pada Kelainan Kuku. Jurnal MDVI. Vol. 43 No. 3. 110-118

Wihardja, R., & Setiadhi, R. (2018). Kondisi Kesehatan Gigi dan Mulut Siswa SDK Yahya. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran*, 30(1), 26-32.

Wibowo, D dan Paryana, W. (2009). *Anatomi Tubuh Manusia*. Yogyakarta: Graha Ilmu

## Tentang Penulis

Binti Mu'arofah, S.ST, S.Pd, M.Si., Lahir di Kediri, 06 September 1984. Menyelesaikan pendidikan tinggi; Pendidikan Sarjana Sain Terapan (D-IV) pada Program Studi Teknologi Laboratorium Medis di Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata, Kediri (2014); Pendidikan Sarjana Pendidikan (S1) pada Program Studi Biologi Universitas PGRI, Kediri (2014); Pendidikan Magister (S-2) pada Program Studi Ilmu Kedokteran Dasar di Universitas Airlangga, Surabaya (2019); Saat ini sedang tercatat sebagai dosen tetap pada Program Studi D III Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Teknologi dan Manajemen Kesehatan di Institut Ilmu Kesehatan. Penulis telah beberapa artikel, baik yang diterbitkan pada jurnal nasional https://scholar.google.com/citations?user=NzejD6oAAAAJ&hl=id. Penulis dapat dihubungi melalui email: binti.muarofah@iik.ac.id atau HP/WA 08563535935.

# .:: BAB 5 ::.

## BAKTERI PATOGEN GRAM (+) BATANG

**Moh Fairuz Abadi**
STIKES Wira Medika Bali
fairuzabadi@stikeswiramedika.ac.id

### A. Definisi Bakteri Patogen Gram (+) Batang

1. Sejarah penemuan dan pengklasifikasian Gram

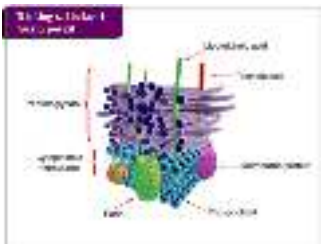
Teknik pengecatan Gram diperkenalkan pada tahun 1882 oleh Hans Cristian Gram. Gram mengeringkan sampel goresan paru-paru kemudian meneteskan larutan ungu anilin-gentian dari Ehrlich. Setelah dia membersihkannya dengan air dan melanjutkannya dengan membubuhkan larutan (kalium tri-iodida (lugol), selanjutnya Gram menggunakan etanol untuk menghilangkan pewarna tersebut. Gram menemukan bahwa beberapa bakteri tertentu, seperti pneumokokus, tetap memiliki warna ungu (disebutnya sebagai reaksi positif), sedangkan spesies lain tidak (reaksi negatif).

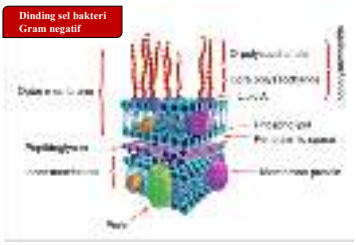
Selanjutnya Gram juga melakukan exsperimen variasi lama waktu pembubuhan reagen dan dampaknya terhadap morfologi bakteri. Gram menunjukkan bahwa teknik pewarnaan baru ini bersifat selektif terhadap berbagai jenis bakteri, paparan yang terlalu lama dapat menghilangkan pewarna dari kedua kelompok bakteri. Gram meyempurnakan temuannya dengan menghitung waktu optimum pembubuhan masing-masing reagen pada sediaan dan melakukan standarisasi teknik identifikasi ini yang dikenal sebagai teknik pengecatan Gram.

Perbedaan reaksi pada bakteri tersebut diketahui karena adanya perbedaan dalam komposisi dinding sel dari dua kelompok bakteri. Bakteri yang memiliki kandungan peptidoglikan yang lebih tinggi disebut sebagai bakteri Gram-negatif, karena strukturnya tersebut, bakteri ini tidak dapat mengikat warna ungu. Sedangkan bakteri yang dapat mempertahankan warna disebut sebagai bakteri Gram-positif.

2. Morfologi dan Struktur Bakteri Batang Gram Positif

Bakteri batang Gram positif adalah bakteri yang memiliki morfologi berbentuk batang/*rood. S*truktur dinding selnya mengandung peptidoglikan yang lebih tebal dibandingkan dengan bakteri Gram-negatif. Peptidoglikan adalah polimer yang terdiri dari gula dan protein yang berfungsi sebagai kerangka pada dinding sel bakteri. Struktur ini memiliki karakteristik mampu menyerap warna dari gentian violet. Pada bakteri Gram positif, Peptidoglikan memiliki ketebalan yang dominan yaitu antara antara 20 hingga 80 nm. Bakteri bertipe Gram positif juga tidak memiliki *outer membrane* sebagaimana dimiliki oleh bakteri Gram negatif. Berikut ini adalah gambar struktur dinding Sel bakteri Gram positif dan Bakteri Gram negatif :





3. Patogenitas Bakteri Batang Gram Positif

Hasil penelitian proyek SCOPE (*Surveillance and Control of Pathogens of Epidemiologic Importance*) melaporkan bahwa patogenitas bakteri gram positif lebih tinggi dibandingkan dengan bakteri Gram negatif. Bakteri Gram positif menyebabkan 62% infeksi bakteremia pada tahun 1995, kemudian angka ini meningkat pada tahun 2000 ditemukan 76% infeksi bakteremia disebabkan oleh bakteri Gram positif. sementara organisme Gram-negatif hanya menyumbang 22% dan 14% kasus infeksi. Berikut ini beberapa kelompok jenis bakteri batang Gram positif :

**A. Corynebacterium**

Corynebacterium adalah kelompok bakteri yang merupakan penyebab penyakit, difteri, faringitis pseudo-membranosa, miokarditis, dan aritmia. Corynebacterium menghasilkan toksin yang menghambat sintesis protein sel inang. Efek toksin tersebut menyebabkan hancurnya jaringan sel inang dan menciptakan pseudomembran. Penyakit infeksi akbibat paparan bakteri ini ditularkan antar manusia melalui partikel droplet. Klasifikasi kelompok bakteri patogen Corybacterium adalah sebagai berikut :

Kingdom : Bacteria
Filum : Actinobacteria
Ordo : Actinomycetales
Familia : Corynebacteriaceae
Genus : Corynebecterium
Spesies : *Corynebacterium diphteriae, Corynebacterium minutissimum.*

Corynebacterium memiliki bentuk pleomorfik, artinya, melalui pengamatan mikroskopis, bakteri ini memiliki beberapa variasi bentuk batang diantaranya bentuk batang lurus, batang melengkung, batang berserabut, batang panjang melengkung seperti cambuk dan berstruktur *palisade.* Ukuran morfologi bakteri ini memiliki kisaran panjang 2-6 μm, sedangkan diameternya berkisar 0,5 μm. Pengamatan koloni pada media pertumbuhan *plate* terlihat sebagai koloni granular, berwarna putih, putih kekuningan, abu-abu atau hitam. Berikut ini adalah spesies Corynebacterium patogen

1. Corynebacterium *diphteriae*

   *Corynebacterium diphtheriae* adalah bakteri penyebab penyakit difteri, yaitu penyakit infeksi saluran pernapasan Bakteri ini menghasilkan toksin yang dapat menyebabkan pembentukan membran tebal di tenggorokan dan pada area lainnya yang terinfeksi. Gejala difteri meliputi demam, pembengkakan kelenjar getah bening, kesulitan bernapas, serta batuk dan radang tenggorokan yang parah. Komplikasi serius dari difteri dapat melibatkan kerusakan pada jantung, ginjal, dan sistem saraf, bahkan dapat berujung pada kematian jika tidak diobati dengan cepat menggunakan antibiotik dan terapi yang sesuai.

   Bakteri ini non motil, memproduksi toksin yang disebut toksigenisitas. Identifikasi bakteri berdasarkan pengamatan mikroskopis, uji pewarnaan gram, uji kultur dan uji biokimia dapat dilihat pada tabel berikut ini :

| No | Identifikasi | Hasil |
|---|---|---|
| 1 | Pengamatan mikroskopis | Pada uji pewarnaan gram terlihat spesies bakteri berbentuk batang berwarna ungu (gram positif). Hasil pengamatan pewarnaan spora menunjukkan spora negatif, pada pewarnaan kapsula menunjukkan non-kapsul |
| 2 | Uji kultur sampel swab tenggorok | ● Inokulasi pada media selektif Cystine Tellurite Blood Agar (CTBA) dengan inkubasi pada suhu 37$^{o}$C selama 24-48 jam menunjukkan pertumbuhan koloni dengan ciri, bentuk bulat berwarna hitam abu-abu. Haemolytic tipe beta,<br>● Inokulasi pada media Loeffler, menunjukkan pertumbuhan; kecil, dan koloni berwarna kremdengan bagian tengah sedikit terangkat; butiran metakromatik terlihat pada noda biru metilen. |
| 3 | Uji Biokimia | Uji gula-gula menunjukkan fermentasi glukosa dan maltosa positif, sukrosa dan laktosa negatif |

2. Corynebacterium minutissimum

Bakteri *Corynebacterium minutissimum* dalah bakteri penyebab penyakit Eritrasma, yaitu infeksi kronis yang terjadi pada kulit, diantaranya pada daerah aksila, pubis, selangkangan, sela jari kaki, dan lipatan di bawah payudara. Gejala yang ditimbulkan mulai gatal-gatal yang ringan sampai sensasi terbakar pada setiap area kulit yang terinfeksi. Timbul lesi yang tidak teratur, kering, dan bersisik. Pada awalnya, area kulit yang terinfeksi akan berwarna merah muda dan kemudian berubah menjadi coklat. Identifikasi bakteri *Corynebacterium*

*minutissimum* berdasarkan pengamatan mikroskopis, uji pewarnaan gram, uji kultur dan uji biokimia dapat dilihat pada tabel berikut ini :

| No | Identifikasi | Hasil |
|---|---|---|
| 1 | Pengamatan mikroskopis | Pada uji pewarnaan gram terlihat spesies bakteri berbentuk batang berwarna ungu (gram positif). Hasil pengamatan pewarnaan spora menunjukkan spora negatif. |
| 2 | Uji kultur sampel kerokan kulit terinfeksi | ● Pada media Blood Agar Plate (BAP): inkubasi pada suhu 37$^{o}$C selama 24-48 jam, tumbuh koloni warna kuning-putih.<br>● Pada media Agar Sabouraud menunjukkan pertumbuhan koloni warna kekuningan atau keemasan, bentuk kiloni tampak seperti titik-titik kecil yang padat mungkin menyebar dengan tepian tidak teratur. Ukuran koloni kecil hingga sedang, |
| 3 | Uji Biokimia | - |

## B. Clostridium

Clostridium adalah bakteri berbentuk batang, berspora Gram-positif. Bakteri pada kelompok ini bersifat patogen dan merupakan penyebab 3 penyakit tetanus, gas gangrene dan keracunan makan. Klasifikasi kelompok bakteri patogen Corybacterium adalah sebagai berikut :

| | |
|---|---|
| Kingdom | : Bacteria |
| Divisi | : Firmicutes |
| Kelas | : Clostridia |
| Ordo | : Clostridiales |
| Famili | : Clostridiaceae |
| Genus | : Clostridium |
| Species | : C. *botulinum*, , C. *perfringen*s, C. *tetani* |

Bakteri ini berukuran 5 µ x 1 µ, anaerob, bersifat motil dengan flagel yang berbentuk peritirik. Bersifat pleomorfik batang tersusun dalam bentuk rantai. Berikut ini adalah spesies *Clostridium* patogen :

*1. Clostridium botulinum*

Bakteri *Clostridium botulinum* adalah bakteri yang mencemari makanan/minuman, sebagian besar ditemukan mencemari makanan/minuman kemasan kaleng. Bakteri ini bersifat patogen pada manusia dengan menghasilkan botulinum neurotoxin (BoNT). Toksin ini menyerang saraf dan menimbulkan kelumpuhan sementara (*reverseble*), walaupun sifatnya sementara namun kelumpuhan akibat botulisme dapat menyebabkan dampak yang fatal. *Clostridium botulinum* adalah bakteri berbentuk batang, memiliki kemampuan membentuk spora, sifat respirasi obligat anaerobik, Identifikasi bakteri berdasarkan pengamatan mikroskopis, uji pewarnaan gram, uji kultur dan uji biokimia dapat dilihat pada tabel berikut ini :

| No | Identifikasi | Hasil |
|---|---|---|
| 1 | Pengamatan mikroskopis | Pada uji pewarnaan gram terlihat spesies bakteri berbentuk batang berwarna ungu (gram positif). Hasil pengamatan pewarnaan spora menunjukkan spora positif. |
| 2 | Uji kultur sampel makanan | ● Pada media Blood Agar Plate (BAP): inkubasi pada suhu 37$^{o}$C selama 24-48 jam, tumbuh koloni ukuran besar, bentuk irreguler (tidak beraturan), permukaan datar, warna abu-abu dan tepian koloni rhizoid (bergerigi). |
| 3 | Uji Biokimia | Pada media uji simon sitrat negatif, uji gelatin positif, uji TSIA K/A, H2S (+) uji SIM positif karena bakteri motil. |

*2. Clostridium perfringens*

*Clostridium perfringens* adalah bakteri patogen yang terdapat pada perairan, tanah, serta saluran cerna mamalia (usus). Bakteri ini merupakan penyebab terjadinya menyebabkan infeksi sel dan jaringan yang disebut dengan *gas gangrene. Clostridium perfringens* memproduksi toksin yang menyebabkan kematian pada jaringan atau sel kulit. G*as gangrene* dapat terjadi pada kulit yang mengalami luka terbuka yang diakibatkan kejadian traumatik ataupun luka pasca tindakan operasi. Luka pada kulit terlihat basar disertai dengan gelembung gas. Pasien penderita aterosklerosis atau diabetes mellitus memiliki resiko tinggi terkena *gas gangrene. Clostridium perfringens* juga menjadi penyebab terjadinya diare jika mencemari makanan/minuman.

*Clostridium perfringens* adalah bakteri basil Gram-positif berukuran besar, panjang 4–6 μm, persegi panjang dengan sisi sejajar dan ujung membulat dan terpotong. Struktur morfologi bakteri ini dapat terlihat sebagai bentuk terpisah, struktur rantai, maupun bergerombol, nonmotil, mampu membentuk spora meskipun sporanya lebih besar kemungkinan dapat teramati saat bakteri ini dibiakkan pada media sporulasi (media Duncan dan Strong (DS)) Identifikasi bakteri berdasarkan pengamatan mikroskopis, uji pewarnaan gram, uji kultur dan uji biokimia dapat dilihat pada tabel berikut ini :

| No | Identifikasi | Hasil |
|---|---|---|
| 1 | Pengamatan mikroskopis | Pada uji pewarnaan gram terlihat spesies bakteri berbentuk batang berwarna ungu (gram positif). Hasil pengamatan pewarnaan spora menunjukkan endo spora positif. |
| 2 | Uji kultur sampel spesimen tanah, perairan dan makanan, jaringan kulit | ● Pada media selektif cair Robertson's Cooked Meat (RCM) Medium: inkubasi beberapa jam, media terlihat keruh<br>● Pada media selektif Agar Triptosa Cycloserine Sulfite (TSC), inkubasi pada suhu 37$^{o}$C selama 24-48 jam, tumbuh koloni berwarna hitam, pinggiran koloni rata membulat, koloni terpisah-pisah dengan bentuk koloni cembung, ketebalan tepian koloni semakin menipis.<br>● Pada media agar MacConkey: Koloni tampak berwarna hijau *fluorescent* |

| | | |
|---|---|---|
| | | ● Pada media BAP : Koloni membentuk zona hemolisa bertingkat. |
| 3 | Uji Biokimia | Pada media uji gula-gula : positif pada glukosa, laktosa, sukrosa, dan maltosa. Ui TSIA menghasilkan H2S, Uji MR positif, VP, uji indole negatif. |

*3. Clostridium tetani*

*Clostridium tetani* adalah bakteri patogen dengan persebaran luas, yaitu di tanah dan juga terdapat pada saluran cerna mamalia (hewan). Sifat patogen terhadap manusia adalah ketika bakteri ini masuk melalui luka pada kulit yang terpapar bakteri sehingga bakteri ini masuk melalui aliran darah berkembang biak dan menghasilkan endotoksin yaitu tetanolisin dan tetanospasmin. Tetanolisin bersifat merusak jaringan lokal dan menunjang prosses reproduksi bakteri, racun tetanospasmin menyebabkan gangguan neurotransmiter pada sinapsis persyarafan, sehingga bersifat fatal saat infeksi mencapai system saraf pusat.

*Clostridium tetani* adalah bakteri batang dengan sifat Gram positif ukuran berkisar lebar 0,3-2 mikron dan panjang 1,5-2 mikron. Clostridium tetani dalam amatan mikroskopis dapat menunjukkan penampakan yang khas, yaitu adanya endospora pada salah satu ujungnya (endospora terminal), sehingga salah satu ujungnya nampak menonjol/berukuran lebih besar atau sering disebut memiliki bentuk seperti alat pemukul drum. Identifikasi bakteri berdasarkan pengamatan mikroskopis, uji pewarnaan gram, uji kultur dan uji biokimia dapat dilihat pada tabel berikut ini :

| No | Identifikasi | Hasil |
|---|---|---|
| 1 | Pengamatan mikroskopis | Pada uji pewarnaan gram terlihat spesies bakteri berbentuk batang berwarna ungu (gram positif), salah satu ujungnya tampak lebih besar karena adanya endospora. Hasil pengamatan pewarnaan spora menunjukkan endospora posisi terminal . |
| 2 | Uji kultur sampel spesimen tanah, perairan dan makanan, darah | Pada media selektif thioglycolate (TG): inkubasi 24 jam, pada suhu 35$^{o}$C dalam kondisi tanpa oksigen (anaerob), terlihat pertumbuhan koloni. |
| 3 | Uji Biokimia | Menghasilkan H2S dan DNAse, Uji gelatin positif, Uji Nitrat negatif |

## C. Listeria

*Listeria monocytogenes* adalah bakteri batang Gram-positif mencemari daging beku, produk susu yang tidak dipasteurisasi, Bakteri ini dapat pula menginfeksi melalui kontak langsung yaitu pada bayi melalui transmisi vaginal saat kelahiran. Pasien dengan gangguan sistem kekebalan tubuh berisiko tinggi terhadap infeksi Listeria. Listeria dapat menyebabkan gastroenteritis, sepsis dan meningitis neonatal. Pada kasus meningitis neonatal Jalur infeksi terjadi pada saat bakteri ini memasuki saluran pencernaan ibu hamil melalui makanan yang terkontaminasi, kemudian bakteri akan menyebar melalui sistem darah hingga mencapai jaringan hati, limpa, serta plasenta dan pada akhirnya menginfeksi janin. Klasifikasi kelompok bakteri patogen Listeria adalah sebagai berikut :

Kingdom : Bacteria
Divisi : Firmicutes

Kelas : Bacilli
Ordo : Bacillales
Famili : Listeriaceae
Genus : Listeria
Species : *Listeria monocytogenes*

1. Listeria monocytogenes

*Listeria monocytogenes* adalah bakteri patogen dengan persebaran luas yaitu terdapat pada tanah, air, air limbah, daging, ikan, kerang dan tanaman (sayuran) busuk. Bakteri ini memiliki tipe respirasi fakultatif anaerob, tidak membentuk spora. Bakteri *Listeria monocytogenes* memiliki kemampuan adaptasi pada suhu rendah (beku) , lingkungan kering, panas/ suhu tinggi, garam tinggi, dan pH tinggi. *Listeria monocytogenes* beradaptasi dengan membentuk biofilm, yaitu kumpulan bakteri yang berada di dalam matriks yang lengket yang diproduksi sendiri terbuat dari karbohidrat. Identifikasi bakteri berdasarkan pengamatan mikroskopis, uji pewarnaan gram, uji kultur dan uji biokimia dapat dilihat pada tabel berikut ini :

| No | Identifikasi | Hasil |
|---|---|---|
| 1 | Pengamatan mikroskopis | Pada uji pewarnaan gram terlihat spesies bakteri berbentuk batang berwarna ungu (gram positif) |
| 2 | Uji kultur sampel spesimen tanah, perairan dan makanan, darah | ● Pada media BAP *:* inkubasi 24-48 jam. Koloni membentuk β-hemolysis. Koloni berukuran diameter 0,5-1,5 mm, berbentuk bulat, translucent, konveks dengan permukaan halus, tidak berpigmen jernih di bagian tengah. Koloni sedikit lengket jika diangkat dari |

| | | |
|---|---|---|
| | | permukaan media agar dengan menggunakan ose<br>● Inokulasi pada media Listeria enrichment broth (LEB) dilanjutkan media selektif Listeria selective agar base (LSA), setelah diinkubasi pada suhu 35-37$^{o}$ C selama 24–48 jam, terlihat pertumbuhan koloni pada media LSA yang berwarna coklat–hitam berdiameter 1 mm dengan halo (zona jernih disekelilingnya. |
| 3 | Uji Biokimia | Pada media uji gula-gula : positif pada glukosa, laktosa, sukrosa, rhamnosa dan uji manitol serta xylosa negatif. Uji motilitas media SIM hasil positif, kuman menyebar di permukaan tabung. Uji katalase positif |

## D. Bacillus

Bacillus merupakan bakteri batang Gram positif pembentuk spora. Bakteri ini mencemari makanan yang berasal dari hewan ternak, khususnya golongan herbivora. Bakteri ini dapat menginfeksi manusia melalui jalur kontak dengan hewan, wol, daging, atau kulit binatang yang terinfeksi. Ada dua jenis spesies penting bakteri ini yang termasuk patogen yaitu *Bacillus anthracis* penyebab wabah antraks, *Bacillus cereus* sebagai agen penyebab keracunan makanan, dan juga menyebabkan infeksi luka lokal, infeksi mata, serta penyakit sistemik. Klasifikasi kelompok bakteri patogen Bacillus adalah sebagai berikut :

Kingdom : Bacteria
Divisi : Firmicutes
Kelas : Bacilli

Ordo : Bacillales
Famili : Bacillaceae
Genus : Bacillus
Species : *Bacillus anthracis, Bacillus cereus*

1. Bacillus anthracis

*Bacillus anthracis* adalah bakteri patogen berbentuk batang dengan ujung lurus. Berukuran sekitar 1 x 3-8 mikron, sifat respirasi aerob fakultatif. Pada amatan mikroskop dimungkinkan ada bentukkan spora pada bagian tengah batang tubuh bakteri. Membentuk mekanisme adaptasi endospora saat berada pada suhu lebih dari 100 °C, atau saat tidak adanya nutrisi. Tumbuh optimum pada suhu 37 °C.

Patogenitas bakteri ini antara lain menimbulkan penyakit Anthrax kulit, yaitu ketika spora bakteri menembus tubuh melalui luka atau cedera pada kulit dengan gejala timbulnya lesi besar, mirip dengan gigitan nyamuk, yang kemudian berkembang menjadi ulkus yang tidak nyeri, akhirnya menjadi nekrotik eschar, pasien demam (37 ° C - 38 ° C), terjadi peningkatan kelenjar getah bening di sekitar luka. Jika tidak ditangani tepat waktu, dapat memiliki tingkat kematian 20%. Antraks paru terjadi ketika spora dihirup dan masuk ke tubuh melalui saluran pernapasan, ke paru-paru. Masa inkubasi sekitar 1-7 hari. Gejala yang ditimbulkan demam (38 ° C), batuk tidak produktif, pasien menggigil dan kelelahan, takikardia, hingga kesulitan bernafasdan sianosis. Penyakit ini Ini memiliki tingkat kematian mendekati 100%. Anthrax gastrointestinal, jalur infeksi ketika pasien mengkonsumsi konsumsi daging mentah yang terkontaminasi dengan spora. Gejala muncul setelah 1 hingga 7 hari. Gejala yang

ditimbulkan meliputi nyeri perut, demam, mual, diare berdarah. Apabila tidak mendapatkan penanganangan medis maka gejala ini dapat berlanjut menjadi bakteremia dan dapat menyebabkan kematian. Identifikasi bakteri berdasarkan pengamatan mikroskopis, uji pewarnaan gram, uji kultur dan uji biokimia dapat dilihat pada tabel berikut ini :

| No | Identifikasi | Hasil |
|---|---|---|
| 1 | Pengamatan mikroskopis | Pada uji pewarnaan gram terlihat spesies bakteri berbentuk batang berwarna ungu (gram positif). Jika ditumbuhkan pada media kultur dengan kondisi $CO_2$ 5% terlihat spora. |
| 2 | Uji kultur sampel spesimen darah, feses, sampel tanah disekitar hewan ternak yang dicurigai | ● Pada media BAP *:* inkubasi 24-48 jam. berwarna putih atau abu-abu keputihan dengan diameter 0,3 – 0,5 mm, non haemolitik. |
| 3 | Uji Biokimia | uji biokimia (katalase Positif (+ve), Voges-Proskauer positif, xylose Negatif (-ve), arabinoseNegatif (-ve), lactose Negatif (-ve) |

*2. Bacillus cereus*

*Bacillus cereus* adalah bakteri patogen berbentuk batang Gram positif, tipe respirasi aerobik dan anaerob fakultatif, motil/memiliki alat gerak. Penyebaran bakteri ini adalah di tanah dan mengkontaminasi makanan hingga menimbullkan keracunan. *Bacillus cereus* menghasilkan toksin, yang dapat menyebabkan dua bentuk penyakit gastrointestinal, yaitu kondisi emetik (muntah) dan kondisi diare. Kondis emetik sesaat setelah makanan yang terkontaminasi dikonsumsi, hal ini

akibat toksin yang dikeluarkan oleh bakteri di dalam makanan. Sedangkan kondisi diare terjadi ketika enterotoksin dilepaskan oleh bakteri di dalam usus setelah mengonsumsi makanan yang terkontaminasi. Identifikasi bakteri berdasarkan pengamatan mikroskopis, uji pewarnaan gram, uji kultur dan uji biokimia dapat dilihat pada tabel berikut ini :

| No | Identifikasi | Hasil |
|---|---|---|
| 1 | Pengamatan mikroskopis | Pada uji pewarnaan gram terlihat spesies bakteri berbentuk batang berwarna ungu (gram positif). Struktur bisa terlihat berupa batang tunggal atau muncul sebagai rantai pendek. Jika ditumbuhkan pada media kultur spora, kemungkinan terlihat spora tampak lonjong (ellipsoidal) |
| 2 | Uji kultur sampel tanah, makanan. | ● PAda media Na inkubasi 24-48 jam, koloni tumbuh warna putih keabu-abuan ukuran 2-5 milimeter, granular dengan tepian yang tidak terlalu bergelombang dan penampilan yang tidak terlalu berselaput.<br>● Pada media BAP *:* inkubasi 24-48 jam koloni berwarna abu-abu kusam, koloni granular yang mengembang, dan buram, dengan permukaan kusut yang kasar serta bentuk tepian yang tidak beraturan. Terjadi beta haemolitik.<br>● Pertumbuhan pada media selektif dan diferensial Bacara agar kromogenik, Koloni Bacillus cereus berubah warna dari merah jambu menjadi oranye |

| | | |
|---|---|---|
| | | dengan lingkaran cahaya transparan mengkilat. |
| 3 | Uji Biokimia | Uji laktosa dan manitol negatif, uji glukosa, maltosa, sukrosa dan motilitas pada media SIM menunjukkan hasil positif. |

## Daftar Pustaka

Abadi. F, Fathul Hidayatul Hasanah, Didik Rahwiniyanto (2022). Lebih Mudah Memahami Biologi Molekuler ( Untuk Mahasiswa Jurusan TLM dan Kesehatan Lainnya). ISBN 978-623-338-616-6. CV Jejak.

Hanipa, A, Kartika Manalu, Rizki Amelia Nasution.(2023). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri *Clostridium botulinum* Pada Minyak Jelantah. BIOEDUSAINS:Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains. Vol 6, No 1, Januari-Juni 2023.e-ISSN:2598-7453.DOI:https://doi.org/10.31539/bio edusains .v6i1.5775.

Nastiti (2023) Primer Design for Detection of The Diphtheria Toxin Repressor (dtxR) Gene as a Biomarker for Corynebacterium Diphtheriae Bacteria using In Silico PCR. (2023). Jaringan Laboratorium Medis, 5(2), 136-143. https://doi.org/10.31983/jlm.v5i2.10588

Sandle, T. (2004). 'Gram's Stain: History and Explanation of the Fundamental Technique of Determinative Bacteriology', IST Science and Technology Journal, April 2004 (No. 54), pp3-4.

Saputri. SA. Dwi Yunita Haryanti. (2023) Asuhan Keperawatan Pasien yang Mengalami Tetanus dengan Defisit Perawatan Diri di Rumah Sakit Umum dr. H. Koesnadi Bondowoso. Health & Medical Sciences Volume: 1, Nomor 2, 2024.

Sariadji. K, Sunarno, Rudi Hendro Putranto. (2014). Penerapan Diagnostik Laboratorium pada Kasus Tersangka Positif Difteri pada Kejadian Luar Biasa di Kota Pontianak, Kalimantan Barat. Pusat Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan, Balitbangkes, Kemenkes RI.

Tjampakasari, C. R., & Hanifah, R. (2022). Bakteri Anaerob Clostridium botulinum dan Toksin yang Dihasilkannya. Cermin Dunia Kedokteran, 49(5), 260–264. https://doi.org/10.55175/cdk.v49i5.230.

## Tentang Penulis

Dr. Moh. Fairuz Abadi, S.Si, M.Si, lahir di Kota Ponorogo pada tanggal 22 Juli 1983, saat ini tinggal di Denpasar Bali. Sehari-hari, Ia bekerja sebagai dosen di program studi Diploma III dan Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis di Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Wira Medika Bali. Pendidikan dasar diselesaikan di SDN Banjaran 1 Kediri, sekolah menengah di SMPN 3 Kediri tahun dan SMUN 3 Kediri. Pendidikan tinggi Sarjana ditempuh di Jurusan Biologi Universitas Negeri Malang, kemudian dilanjutkan Progam Magister Ilmu Lingkungan di Universitas Udayana tahun 2014 dan menyelesaikan Program Doktoral di Fakultas Ilmu Kedokteran Universitas Udayana Tahun 2020. Beberapa karya yang telah diterbitkan yaitu buku lebih Mudah Memahami Biologi Molekuler Untuk Mahasiswa TLM, Modul pembelajaran inovatif digital Bakteriologi I di https://spada.kemdikbud.go.id/. Penulis merupakan pengurus AIPTLMI (Asosiasi Institusi Pendidikan Tinggi Teknologi Laboratorium Medis Indonesia) Pusat periode 2012-2018, 2018-2022, dan 2022-2026. Penulis bisa dihubungi melaui email fairuzabadi@stikeswiramedika.ac.id, no kontak whatsapp: 081335983900.

# .:: BAB 6 ::.

## BAKTERI PATOGEN GRAM NEGATIF (-) KOKUS

**Dian Rachma Wijayanti**
Universitas Binawan
*Email drwijayanti22@gmail.com*

Bakteri Gram negatif kokus merupakan kelompok bakteri yang di dalamnya terdapat Genus *Neisseria, Moraxella* dan *Acinetobacter*. Meskipun pada beberapa literatur ketiga genus tersebut juga dimasukkan ke dalam kelompok Gram negatif *coccobacilli*.

### A. Genus *Neisseria*

Genus *Neisseria* memiliki ciri-ciri Gram negatif dan berbentuk kokus. Neisseria bersifat aerobik, non-motil dan tidak membentuk spora (Cornelissen & Hobbs, 2020). Neisseria ada yang bersifat patogen dan patogen oportunis. Spesies *Neisseria* patogen antara lain *Neisseria gonorrheae* dan *Neisseria meningitidis*. Spesies Neisseria yang bersifat patogen oportunistik yaitu: *Neisseria sicca, Neisseria sublava, Neisseria mucosa, Neisseria flavescens, Neisseria cinerea, Neisseria polysachharea, Neisseria elongata, Neisseria baciliformis, Neisseria lactamica* (Mahon & Lehman, 2019).

*Neisseria* yang bersifat patogenik memiliki faktor virulensi pada permukaan tubuhnya. Beberapa faktor virulensi tersebut berupa reseptor transferrin, kapsul, fimbriae, dan protein pada membran sel. Faktor virulensi lainnya adalah lipooligosakarida (LOS), dikenal juga dengan endotoksin (Mahon & Lehman, 2019).

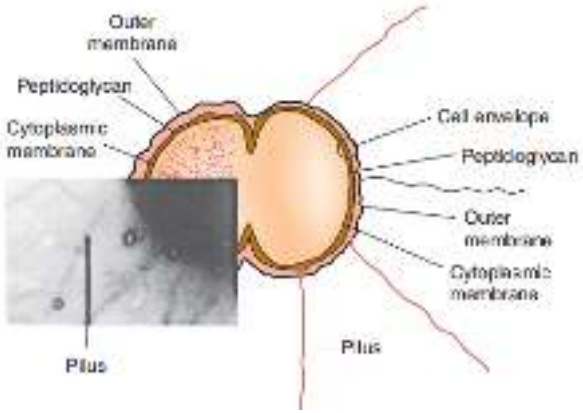
### A.1. *Neisseria gonorrhoeae*

Bakteri ini bersifat aerobik, Gram negatif, dan diplokokus (Gambar 7.1). Pertumbuhan terbaik pada suhu 35° C-37° C di tempat lembab dengan dengan penambahan $CO_2$. Uji oksidase dan katalase positif. Asam dapat dihasilkan dari glukosa secara oksidatif (Murray et al., 2021). *N. gonorrhoeae* sering juga disebut gonokokus, merupakan bakteri yang menyebabkan penyakit Gonore.

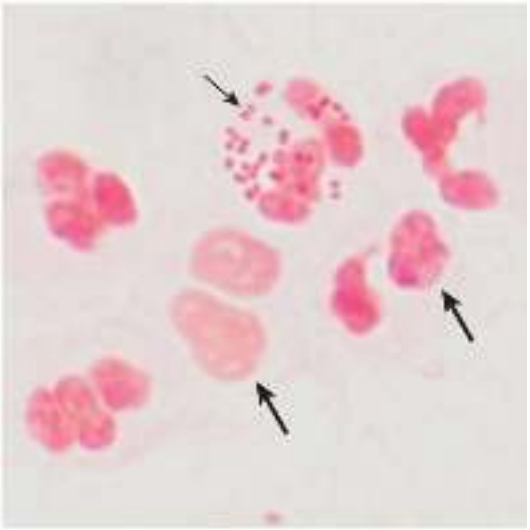
Penyakit gonore merupakan penyakit menular seksual, dikenal juga degan istilah penyakit kencing nanah. Penyakit ini dapat menyerang pria dan wanita. Infeksi menyebar melalui hubungan seksual. Infeksi gonokokal sebagian besar didapat melalui kontak seksual dan terjadi terutama di uretra, endoserviks, saluran anus, faring, dan konjungtiva. Penyebaran infeksi lainnya dari ibu ke bayinya, saat bayi lahir melalui jalur lahir. *N. gonorrhoeae* dapat menyebabkan penyakit baik pada pria maupun wanita (Mahon & Lehman, 2019)

*N. gonorrhoeae* memiliki struktur pili, lipooligosakarida, protein porin dikenal dengan PorB, protein opacity (Opa). Pili dan Opa membantu penempelan *N. gonorrhoeae* pada sel epitel uretra, rectum, serviks dan faring. Setelah menempel *N. gonorrhoeae* akan mulai menginfeksi tubuh (Cornelissen & Hobbs, 2020).

Diagnosis laboratorium *N.gonorhoeae* diakukan dengan memeriksa sampel eksudat uretra pada pria dan eksudat endoserviks pada wanita (Gambar 7.2). Metode yang paling sederhana dengan pewarnaan Gram. Metode diagnosis laboaratorium lainnya berupa kultur bakteri dan serologi (Carroll et al., 2019).

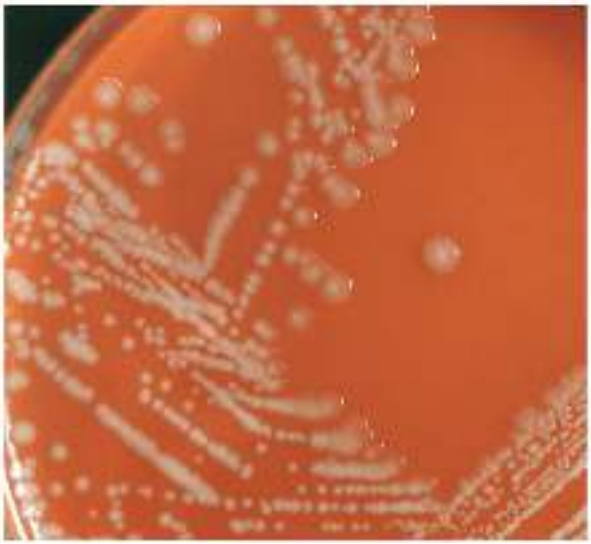



Gambar 7.1 Struktur bakteri *N. gonorrhoeae*
(Carroll et al., 2019)



Gambar 7.2 Hasil pewarnaan Gram pada sampel eksudat urea. Panah besar menunjukkan *Polymorphonuclear Cell* dan panah kecil meunjukkan bakteri diplokokus *N. gonorrhoeae*
(Carroll et al., 2019)

Media yang dapat digunakan untuk kultur *N. gonorrhoeae* adalah *Chocolate Agar* (CHOC Agar). *Blood Agar Plate* (BAP) tidak dapat menumbuhkan *N. gonorrhoeae*. Namun dilaporkan *N. gonorrhoeae* tumbuh lambat pada BAP yang diinkubasi dengan keberadaan $CO_2$.Media yang disarankan untuk pertumbuhan *N. gonorrhoeae* disarankan media selektif diperkaya. Media tersebut antara lain Thayer-Martin Agar, New York City Agar dan lain-lain. Media tersebut biasanya sudah ditambahkan beberapa agen selektif seperti vancomycin, nystatin, colistin, trimethoprim, amphotericin B dan lainnya (Mahon & Lehman, 2019).



Gambar 7.3 Pertumbuhan *N. gonorrhoeae*, koloni berusi 24 jam, pada media Thayer-Martin Agar yang sudah dimodifikasi (Mahon & Lehman, 2019)

### A.2. *Neisseria meningitidis*

Sama seperti *N. gonorrhoeae, N. meningitidis* juga hanya ditemukan di manusia. Namun, N. meningitidis dapat ditemukan secara komensal serta patogen invasif. Bakteri ini adalah agen patogen yang menyebabkan meningitis endemik dan epidemik serta meningokokus. Penyakit lainnya yang dapat disebabkan oleh *N. meningitidis* namun jarang antara lain: pneumonia, arthritis purulen, atau endophthalmitis (Mahon & Lehman, 2019).

*N. meningitidis* (juga disebut meningococcus) merupakan bakteri patogen yang menyebabkan penyakit sepsis progresif cepat, penyakit dengan tingkat kematian sangat tinggi. Sindrom sepsis (meningococcemia) ditandai dengan demam dan perkembangan cepat hingga syok dalam beberapa jam. Pasien-pasien ini mungkin tidak menderita meningitis. Berbagai macam ruam terjadi, termasuk petechiae, makula, dan hemoragik. Oklusi vaskular yang parah dapat terjadi serta perdarahan adrenal (Gambar 7.4), suatu kondisi yang disebut sindrom Waterhouse–Friderichsen. Manifestasi meningitis sama dengan jenis meningitis bakteri lainnya. Namun, adanya petechia menjadi petunjuk utama (Berkowitz & Jerris, 2015).

Enam serotipe *N. meningitidis* yaitu: A, B, C, W, X, dan Y menjadi penyebab sebagian besar penyakit di seluruh dunia (Center for Disease Control and Prevention, 2022). Virulensi *N. meningitidis* beurpa kapsul polisakarida, protein perekat permukaan (membran luar protein termasuk pili, porin PorA dan B, molekul adhesi Opa dan Opc), dan endotoksin (lipooligosakarida, LOS). *N. meningitidis* juga mengembangkan mekanisme genetik yang menghasilkan variasi antigenik dan mimikri molekuler. Hal ini memungkinkan organisme untuk berhasil beradap-

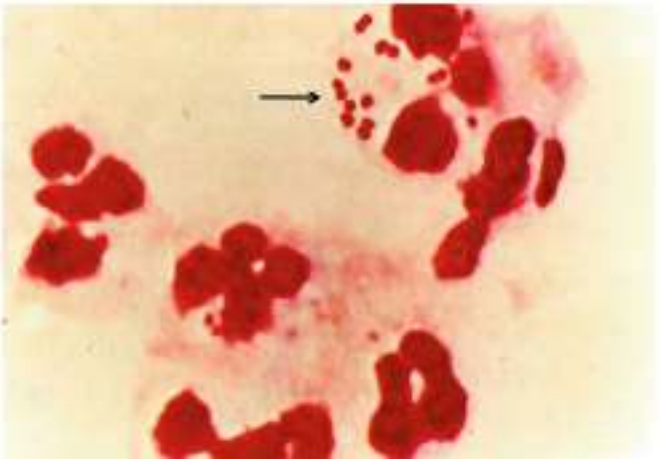
tasi di permukaan mukosa dan menyerang inang (Rouphael & Stephens, 2012).

Gambar 7.4 A. Kulit petechiae pada bayi yang menderita infeksi meningokokal, B. Pendarahan pada kelenjar adrenal, sindrom Waterhouse–Friderichsen (Mahon & Lehman, 2019).

Diganosis laboratorium dapat menggunakan pewarnaan Gram dan kultur. Pewarnaan Gram meningokokus dapat menggunakan sampel CSF dan lesi kulit. Sampel dari swab nasofaring dapat digunakan pada pasien carier *N. meningitidis*. Bakteri akan nampak berpasangan dan berwarna merah (Gambar 7.5).

*N. meningitidis* dibiakkan pada CHOC agar dengan peningkatan $CO_2$. Sampel harus segera diinokulasi, jika tidak memungkinkan, media transportasi harus digunakan untuk memperpanjang kelangsungan hidup organisme yang akan dibiakkan. Berbeda dengan gonokokus, meningokokus biasanya dikultur dari CSF atau darah, yang biasanya merupakan hasil

kultur steril; maka tidak diperlukan selektif. CHOC agar dan BAP dapat digunakan (Gambar 7.6)..



Gambar 7.5 *N. meningitidis* pada *cerebrospinal fluid* (CSF) (Rouphael & Stephens, 2012)

Gambar 7.6 *N. meningitidis* selama 48 jam pada CHOC (kiri) dan BAP (kanan) (Mahon & Lehman, 2019)

## B. Genus Moraxella

Genus *Moraxella* adalah diplokokus Gram negatif nonmotil yang biasanya ditemukan berpasangan. *Moraxella* bersifat aerobik, oksidasepositif, tidak memfermentasi karbohidrat. Patogen terpenting dalam genus ini adalah *Moraxella catarrhalis* (sebelumnya, *Branhamella)* penyakit catarrhal. Bakteri ini dapat menyebabkan infeksi pada sistem pernafasan, telinga tengah, mata, sistem syaraf pusat, dan persendian (Cornelissen & Hobbs, 2020).

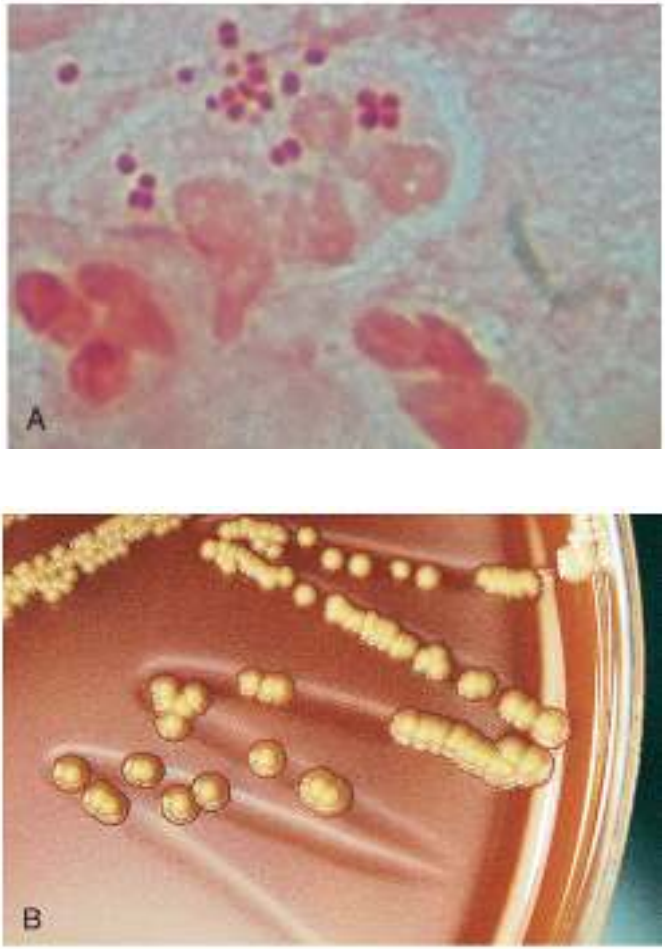
### B.1 *Moraxella catarrhalis*

*Moraxella (Branhamella) catarrhalis*, sebelumnya disebut *Neisseria catarrhalis* atau *Micrococcus catarrhalis*, adalah bakteri Gram negatif, diplokokus aerobik sering ditemukan sebagai komensal dari saluran pernafasan bagian atas. Bakteri ini merupakan bakteri yang biasa ditemukan pada saluran pernafasan anak kecil bahkan beberapa primata. Hingga beberapa dekade terakhir *M. catarrhalis* dianggap sebagai bakteri yang relatif tidak berbahaya dan jarang menyebabkan infeksi (Ratini, 2021). Selama 30 tahun, *M. catarrhalis* telah muncul sebagai patogen dan sekarang dianggap sebagai penyebab penting gangguan pernapasan bagian atas infeksi saluran pada anak-anak yang sehat dan orang lanjut usia (Verduin et al., 2002).

Meskipun *M. catarrhalis* dapat menyebabkan infeksi sinus dan telinga ringan pada anak-anak, penyakit ini bisa jauh lebih berbahaya pada orang dengan sistem imun lemah. *M. catarrhalis* sering ditemukan pada saluran pernapasan orang dewasa penderita fibrosis kistik atau penyakit autoimun (Ratini, 2021).

Spesimen khas untuk *M. catarrhalis* dapat dikumpulkan dari efusi telinga tengah, nasofaring, aspirasi sinus, aspirasi sputum, atau bronkus aspirasi. Diagnosis *M. catarrhalis* dapat dil-

akukan dengan pewarnaan Gram dan kultur. Kultur dapat menggunakan media CHOC agar dan BAP (Gambar 7.7).




Gambar 7.7 A. Pewarnaan Gram *M. catarrhalis* dari sampel otitis media (peradangan telinga bagian tengah). B. Kultur *M. catarrhalis* pada media CHOC agar selama 48 jam (Mahon & Lehman, 2019)

## C. Genus Acinetobacter

Genus *Acinetobacter* adalah *coccobacilli* yang tidak bergerak seringkali mirip dengan *Neisseriae* dalam sampel yang diwarnai gram. Bakteri ini umumnya berkapsul, berisifat oksidase-negatif, dan aerobik obligat, tidak memfermentasi karbohidrat. Spesies yang dikenal sebagai patogen adalah *Acinetobacter baumanii*. *A. baumanii* adalah patogen penting penyebab penyakit nosokomial (Cornelissen & Hobbs, 2020).

## D. Gram Negatif Kokus Anaerobik

Tiga genera kokus gram negatif anaerobik dapat ditemukan pada flora tinja manusia. Ketiga genus tersebut adalah *Veillonella*, *Acidominococcus*, dan *Megosphora*. *Veillonella* dianggap satu-satunya genus yang signifikan secara klinis dan *V. parvula* adalah spesies yang paling sering diisolasi dari spesimen klinis (Wells & Wilkins, 1996). Kokus gram negatif anaerobik jarang diisolasi dari spesimen klinis kecuali jika terdapat sebagai kontaminan. Genus *Veillonella* adalah genus paling dominan di orofaring, tetapi jumlahnya kurang dari 1% dari semua anaerob diisolasi dalam spesimen klinis. Genus anaerobik kokus lainnya jarang diisolasi (Murray et al., 2021).

# Daftar Pustaka

Berkowitz, F. E., & Jerris, R. C. (2015). Practical medical microbiology for clinicians. In *Practical Medical Microbiology for Clinicians*. https://doi.org/10.1002/9781119066767

Carroll, K. C., Butel, J., & Morse, S. (2019). *Jawetz Melnick & Adelbergs Medical Microbiology 27 E*. https://books.google.com/books?id=PumOCgAAQBAJ

Center for Disease Control and Prevention. (2022). *Meningococcal Disease Causes and How It Spreads | CDC*. Article. https://www.cdc.gov/meningococcal/about/causes-transmission.html

Cornelissen, C. N., & Hobbs, M. M. (2020). *Lippincott Illustrated Reviews: Microbiology Fourth Edition* (Fourth).

Mahon, C. R., & Lehman, D. C. (2019). Textbook of Diagnostic Microbiology Sixth Edition. In *Laboratory Medicine* (6th ed.). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1309/u0mb-0p7r-rrwf-4bth

Murray, P. R., Rosenthal, K. S., & Pfaller, M. A. (2021). *Medical Microbiology Ninth Edition* (9th ed.). Elsevier.

Ratini, M. (2021). Understanding Moraxella catarrhalis and How to Treat Its Infection. In *WebMC, LLC*. https://www.webmd.com/lung/what-to-know-about-m-catarrhalis

Rouphael, N. G., & Stephens, D. S. (2012). Neisseria meningitidis: Biology, Microbiology, and Epidemiology. *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)*, *799*, 1. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-346-2_1

Verduin, C. M., Hol, C., Fleer, A., Van Dijk, H., & Van Belkum, A. (2002). Moraxella catarrhalis: From emerging to established pathogen. *Clinical Microbiology Reviews*, *15*(1), 125–144. https://doi.org/10.1128/CMR.15.1.125-144.2002

Wells, C. L., & Wilkins, T. D. (1996). Anaerobic Cocci. *Principles and Practice of Pediatric Infectious Disease: Third Edition*, 975–977. https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-3468-8.50200-5

## Tentang Penulis

Dian Rachma Wijayanti adalah seorang dosen pada Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Binawan University. Jakarta Timur. Pada tahun 2007 penulis menyelesaikan pendidikan S1 Biologi di Institut Pertanian Bogor. Penulis melanjutkan studi S2 Mikrobiologi di King Saud University dan lulus pada tahun 2010. Penulis gemar mengajar, membaca dan menulis. Selain mengajar dan menulis buku penulis juga aktif sebagai dewan redaksi, editor dan reviewer pada beberapa jurnal nasional. Penulis masih aktif mengajar dan melakukan penelitian pada bidang Biologi, Mikrobiologi, Biologi molekuler, Bioinformatika, Kesehatan dan Teknologi Laboratorium Medis. Beberapa buku yang sudah diterbitkan oleh penulis antara lain Buku Ajar Biologi Molekuler, Buku Ajar Metode Penelitian dan Buku Bakteriologi Untuk Mahasiswa Kesehatan. Penulis dapat dihubungi di email: drwijayanti22@gmail.com.

# .:: BAB 7 ::.

## BAKTERI PATOGEN GRAM (-) BATANG

**Nurul Hadiatun**
Politeknik Medica Farma Husada Mataram
*nurulhadiatunmnatsir04@gmail.com*

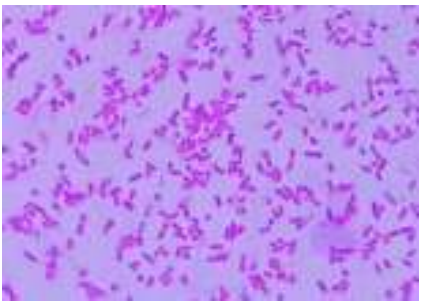
### A. *Escherichia Coli*

Grup *Enterobacteriaceae* mencakup bakteri koliform *Escherichia coli*. *E. coli* adalah organisme oportunis yang merupakan bagian dari flora normal yang banyak ditemukan di usus manusia. Dengan sifatnya yang unik, *E. coli* dapat menyebabkan infeksi primer pada usus seperti diare anak, disentri, dan diare perjalanan. Selain itu, dapat menyebabkan infeksi pada jaringan tubuh lain di luar saluran usus, seperti pneumonia, bakteremia, peritonitis, dan infeksi saluran kemih (ISK) (Karsinah et al, 2011; Mueller and Tainter, 2023).

Dua jenis enterotoksin yang diproduksi oleh bakteri ini adalah termolabil (LT) dan termostabil (ST). Toksin LT (toksin yang tidak tahan panas) menyebabkan diare melalui mekanisme kerjanya yang mendorong enzim adenilat siklase pada lapisan usus halus. Enzim guanylyl cyclase bertanggung jawab atas pembentukan siklik guanosin monofosfat, yang dapat menyebabkan kerusakan klorida (CF-) dan natrium (Na+) serta menimbulkan rasa sakit pada usus halus.

#### 1. Morfologi

Bakteri Escherichia coli bersifat Gram negatif berbentuk batang, berukuran sekitar 0,4-0,7 μm × 1,4 μm, bersifat fakultatif anaerob, tidak berspora, nonmotil atau motil berflagel (Gambar 1), dan beberapa strain mempunyai kapsul (Kurniawan dan Sahli, 2017).



Gambar 1. Morfologi *Escherichia coli*
(Sumber : Sri, 2023)

**2. Patogenesis *Escherichia coli***

*Escherichia coli* menjadi patogen jika berada didalam tubuh dalam jumlah yang lebih banyak dari biasanya. *E.coli* dapat menyerang tubuh inangnya, beradaptasi dan bertahan hidup, kemudian menyerang sistem kekebalan tubuh dan akhirnya menimbulkan gejala penyakit (Rahayu et al., 2021).

Dua kelompok utama *Escherichia coli* adalah patogen saluran pencernaan dan patogen luar saluran pencernaan. Klasifikasi ini terutama didasarkan pada ada atau tidak wilayah DNA yang biasanya terkait dengan penyakit tertentu. *E. Coli* dapat memperoleh gen yang lebih virulensi dari mikroorganisme lain melalui mekanisme seperti transfer gen (transformasi), transfer plasmid (konjugasi), atau transfer gen yang dimediasi bakteriofage (transduksi). Mekanisme patogenik dan virulensi *E. Coli* patogen menyebabkan berbagai penyakit (Rahayu et al., 2021).

*Escherichia coli* patogen pertama kali diidentifikasi sebagai agen penyebab diare pada tahun 1935 (Manning 2010). *Escherichia coli* patogen penyebab diare atau disebut juga *diarrheagenic E. coli* (DEC) terdiri dari enam jenis, yaitu *enterotoxigenic*

*E. coli* (ETEC), *enterohemorrhagic E. coli* (EHEC), *enteropathogenic E. coli* (EPEC), *enteroinvasive E. coli* (EIEC), *enteroaggregative E. coli* (EAEC), dan *diffusely adherent E. coli* (DAEC) (Mueller and Tainter, 2023). Empat jenis *E. coli* yaitu ETEC, EPEC, EHEC, dan EIEC merupakan bakteri yang diketahui menyebabkan keracunan makanan (foodborne illness) (FDA 2011).

*Enteropathogenic E. coli* (EPEC) menyebabkan diare pada bayi dan anak-anak, khususnya di negara berkembang melalui mekanisme yang belum dipahami dengan jelas. Diare yang disebabkan oleh EPEC paling sering ditularkan melalui konsumsi makanan namun dapat juga ditularkan dari orang ke orang (Karsinah et al, 2011).

*Enterotoxigenic E. coli* (ETEC) menyebabkan *secretory Diarrhea* mirip kolera. *Strain* ini mengeluarkan racun LT dan ST. Faktor permukaan perlekatan sel kuman pada mukosa usus penting untuk berkembangnya diare, karena sel kuman harus terlebuh dahulu menempel pada sel epitel mukosa usus sebelum kuman melepaskan racun (Karsinah et al, 2011).

*Enteroinvasive E. coli* (EIEC) menyebabkan penyakit diare seperti disentri yang disebabkan oleh shigella. EIEC ditularkan melalui konsumsi daging yang kurang matang atau sayuran yang terkontaminasi. Diare yang disebabkan oleh *strain* ini adalah ditandai dengan adanya darah, lendir dan pus pada tinja (Kaper, et al., 2004; Karsinah et al, 2011).

*Enterohemorrhagic E. coli* (EHEC) merupakan kelompok bakteri penyebab diare atau kolitis berdarah pada manusia. *Strain E. coli* ini menghasilkan zat yang bersifat sitotoksik terhadap *shigella dysentriae.* Toksik ini merusak sel endotel pembuluh darah, sehingga menyebabkan perdarahan, kemudian me-

nyerang bakteri usus yang menyebabkan kolitis hemoragik yang dapat berujung pada sindrom hemolitik uremik (*Hemolytic Uremic Syndrom*/HUS). Sindrom HUS merupakan penyebab gagal ginjal akut pada anak-anak dan kematian pada orang dewasa (Karsinah et al, 2011 dan Rahayu et al., 2021).

### 3. Karakteristik pada media pertumbuhan bakteri

*E. coli* bersifat anaerob fakultatif, yang berarti bisa tumbuh dalam keadaan aerob maupun anaerob. Bakteri ini dapat tumbuh pada suhu 10-40°C dengan suhu optimal 37,5°C dan pH ideal pH 7,2. *E. coli* tumbuh pada media sederhana, seperti Media Bouillon sebagai media pemupuk, Media Mac Conkey sebagai media differensial, Media Eosin Methylen Blue (EMBA) sebagai media selektif, serta media KIA, IMVIC, SIM, urea, dan gula-gula sebagai media uji biokimia (Soemarno, 2002; Kurniawan dan sahli, 2017).

## B. *Salmonella Typhi*

Bakteri gram negatif *Salmonella typhi* menyebabkan demam tifoid dan tinggal di tubuh manusia. Salah satu cara penularan *Salmonella typhi* adalah dengan memakan makanan atau air yang terkontaminasi dengan kotoran individu yang membawa organisme tersebut. Pasien dengan asam lambung yang rendah atau pasien dengan sistem kekebalan yang terganggu menderita infeksi lebih sering dan lebih berat. Pada orang yang sehat, infeksi *Salmonella typhi* dapat menyebabkan antara 1000 dan 1 juta organisme (Irianto, 2014; Ashurst et al, 2023).

## 1. Morfologi

Bakteri *Salmonella typhi* berbentuk batang, gram negatif, berukuran 1-3,5 µm x 0,5-0,8 µm, tidak berspora, dan memiliki flagel peritrik. Koloninya rata-rata 2-4 mm besar (Kurniawan dan sahli, 2017).

Gambar 2. Morfologi *Salmonella typhi*
(Sumber : Nurwahidah, 2023)

## 2. Patogenesis

*Salmonella enterica serotipe typhi atau paratyphi* menyebabkan demam enterik (tifoid). Infeksi primer dan sistem retikuloendotelial diikuti oleh invasi dinding usus yang kemudian menyebar ke nodus limfatikus lokal. Bakteri memasuki aliran darah dan saluran cerna dari kandung empedu, kemudian berlipat ganda di plak Peyer, menyebabkan ulserasi yang dapat menjadi lebih sulit jika ada perdarahan atau perforasi. Pasien demam, perubahan dalam kebiasaan buang air besar, seperti diare atau sembelit, dan ruam yang biasa tetapi jarang terjadi (bintik kemerahan di perut). Hepatosplenomegali juga dapat ditemukan. Osteomielitis dan kadang-kadang meningitis dapat membuat demam enterik lebih sulit (Irianto, 2014).

Bakteri ini secara serologis positif terhadap antigen lipopolisakarida O9 dan O12 serta antigen kapsuler polisakarida Vi yang berbeda. Strain antigen Vi-negatif tampaknya kurang men-

ular dan kurang ganas dibandingkan dengan strain Vi positif (Crump et al, 2015).

### 3. Karakteristik pada Media Pertumbuhan Bakteri

Kuman ini tumbuh dalam lingkungan aerob dan anaerob, dengan pH pertumbuhan 6-8 dan suhu 15-41°C (suhu pertumbuhan ideal 37,5°C). Koloni kuman *Salmonella* pada medium SSA berwarna hitam; koloni kuman pada media Mc Conkey berbentuk bulat, kecil, dan tidak berwarna; dan koloni kuman pada medium agar Wilson-Blair berwarna hitam (Karsinah et al, 2011; Kurniawan dan sahli, 2017).

## C. *Shigella sp*

*Shigella* adalah penyebab utama disentri basiler, suatu kondisi yang ditandai dengan sakit perut yang parah, diare yang sering dan sakit, dan volume tinja yang sedikit dengan lendir dan darah. Di negara-negara berkembang, penyakit ini sangat umum dan ditularkan melalui konsumsi makanan yang tercemar, sanitasi yang buruk, atau kontak langsung antar individu. Penyakit ini dapat terjadi pada semua usia, tetapi kebanyakan penyakit ini terjadi pada anak-anak dari usia 1 hingga 10 tahun, orang lanjut usia, dan orang dengan sistem kekebalan yang lemah. Penderita penyakit ini dapat mengalami diare yang parah hingga dua puluh hingga tiga puluh kali sehari. Ini dapat menyebabkan dehidrasi, yang dapat menyebabkan kematian jika tidak diatasi segera. Shigella terdiri dari 4 spesies, *S. dysenteriae, S. flexneri, S. boydii dan S. sonnei* atau yang biasa disebut 4 subgrup A, B, C, D. S. dysenteriae memiliki 10 serotipe, S. flexneri terdiri dari 8 serotipe, S. boydii terdiri dari 15 serotipe dan S. sonnei hanya terdiri 1 serotipe (Kurniawan dan sahli, 2017; Aslam dan Okafor, 2022).

## 1. Morfologi

Shigella merupakan bakteri bersifat Gram negatif, berbentuk basil pendek (cocobacil), tidak bergerak, tidak berkapsul, dan tidak berspora (Soemarno, 2000). Koloni bakteri Shigella sp mempunyai permukaan cembung, dan bundar, transparan dengan lebar kurang lebih 2 mm (Kurniawan dan sahli, 2017).

## 2. Patogenesis

Infeksi shigella hampir selalu terbatas pada sistem gastrointestinal, jarang terjadi penyebaran ke dalam aliran darah. Dosis menularnya adalah $10^3$ organisme. Shigella masuk ke usus halus dan berkembang biak lalu masuk ke usus besar. Shigella menyebabkan cedera sel dan mengakibatkan komplikasi dengan invasi langsung ke mukosa kolon dan produksi enterotoksin. Manifestasi klinis biasanya muncul antara 12 jam sampai 3 hari setelah organisme tertelan dan masa inkubasi rata-rata adalah 3 hari. Gejalanya meliputi demam tinggi, muntah, nyeri perut kolik yang menyebar, diikuti diare mukoid berdarah, dan tenesmus. Kondisi ini biasanya hilang dengan sendirinya dalam waktu 5 hingga 7 hari setelah timbulnya gejala. Namun, orang-orang yang masih sangat muda, lanjut usia, dan orang dengan gangguan sistem kekebalan tubuh bisa menyebabkan komplikasi atau bahkan kematian (Jawetz, et al, 2008; Aslam dan Okafor, 2022)

## 3. Karakteristik pada Media Pertumbuhan Bakteri

Shigella merupakan fakultatif anaerob, namun tumbuh subur pada suasana aerob. Media untuk mengidentifikasi bakteri shigella yaitu media selenite broth sebagai media pemupuk, media Mac conkey sebagai media diferensial, media SSA sebagai media selektif, serta media KIA, IMVIC, SIM, urea, dan gula-gula sebagai media uji biokimia (Kurniawan dan sahli, 2017). Hampir semua jenis shigella mampu memfermentasi glukosa kecuali Shigella sonnei, yang tidak memfermentasikan laktosa.

Ketidakmampuan untuk memfermentasikan laktosa diperlihatkan shigella dalam media diferensial. Shigella membentuk asam dari karbohidrat tetapi jarang memproduksi gas. Shigella juga dapat dibedakan dalam kemampuannya memfermentasikan mannitol (Jawetz, et al, 2008).

## D. *Pseudomonas Aeruginosa*

*Pseudomonas aeruginosa* adalah bakteri yang mampu menyebabkan berbagai infeksi baik pada inang yang imunokompeten maupun yang imunokompromais. Bakteri ini cenderung menyebabkan infeksi pada inang yang sistem kekebalannya lemah, fleksibilitasnya yang ekstrem, dan resistensi antibiotik (Wilson dan Pandey, 2023). *Pseudomonas aeruginosa* banyak ditemukan di lingkungan, khususnya di air tawar. Waduk di komunitas perkotaan meliputi kolam air panas dan kolam renang. Hal ini dapat menyebabkan beragam infeksi yang didapat dari komunitas seperti folikulitis, luka tusuk yang menyebabkan osteomielitis, pneumonia, otitis eksterna, dan banyak lainnya. Penyakit ini umumnya merupakan patogen oportunistik dan juga merupakan penyebab penting infeksi nosokomial seperti pneumonia terkait ventilator, infeksi saluran kemih terkait kateter, dan lain-lain. Reservoir di lingkungan rumah sakit meliputi air minum, keran, wastafel, sikat gigi, pembuat es, larutan desinfektan, pembersih, sabun batangan, peralatan terapi pernapasan, dan endoskopi (Mulcahy et al, 2014).

### 1. Morfologi

*Pseudomonas aeruginosa* merupakan basilus Gram negatif , tidak berspora, tidak berkapsul, dan bergerak aktif dengan flagella polair/lopotrich (Gambar 3).

Gambar 3. Morfologi *Pseudomonas aeruginosa*
(Sumber : Wilson dan Pandey, 2023)

## 2. Patogenesis

*Pseudomonas aeruginosa* menghasilkan protease dan sitotoksin, termasuk eksotoksin A dan S, hemolisin, dan elastase. Alginat polisakarida dibuat dari isolat pasien fibrosis kistik. Ini memungkinkan pembentukan mikrokoloni di mana organisme dilindungi dari antibiotik, fagositosis, dan opsonisasi. Penempelan dimungkinkan oleh pili, algae, dan protein membran luar. Kerentanan yang berlebihan terhadap antibiotik, kekurangan LPS, non-motilitas, dan penurunan produksi eksotoksin dikaitkan dengan produksi alginat (Irianto, 2014).

Pseudomonas dapat menimbulkan infeksi pada saluran pernapasan, kandung kemih, telinga, kulit, dan luka-luka yang disebabkan terbakan atau luka operasi. Beberapa kasus menunjukkan komplikasi kulit yang destruktif, ektima gangrenosum, Osteomielitis, artritis septik, dan meningitis dapat muncul; meningitis biasanya terjadi setelah pembedahan saraf. Infeksi kronik pada pasien fibrosis kistik menyebabkan kemunduran fungsi paru secara progresif (Soemarno, 2000; Irianto, 2014).

## 3. Karakteristik pada Media Pertumbuhan Bakteri

Pseudomonas aeruginosa hidup dalam suasana aerob, tidak menguraikan gula, katalase dan oxidase positif. Tumbuh

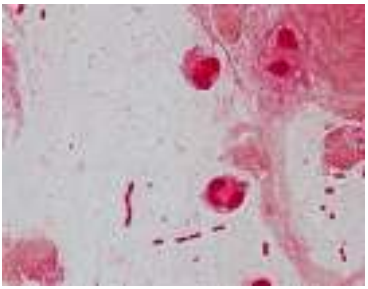
pada sebagian besar media, tetapi media yang mengandung setrimid, irgasin, dan asam naladiksat bersifat selektif. Organisme ini diidentifikasi melalui uji biokimia dan kemampuannya untuk tumbuh pada suhu 42°C. Bakteri ini dapat ditentukan tipenya melalui reaksi aglutinasi O dan H, bakteriophage typing, bakteriocin typing, atau metode molekular, seperti pulse-field gel electrophoresis (Irianto, 2014).

## E. *Klebsiella Pneumoniae*

*Klebsiella pneumoniae* termasuk genus Klebsiella sp dalam famili Enterobacteriaceae yang merupakan flora normal pada traktus digestivus. Bakteri ini dapat diisolasi dari tinja manusia atau hewan. Pada manusia, genus Klebsiella merupakan bakteri penyebab pneumonia, kadang-kadang menyebabkan infeksi sistem saluran kecing, bakterimia dengan luka yang melemahkan pasien dan merupakan salah satu penyebab infeksi nosokomial. Pneumonia atau infeksi saluran napas bawah masih merupakan masalah utama dalam bidang kesehatan, baik di negara sedang berkembang maupun yang sudah maju (Joko Susilo, 2004; Jawetz, et al, 2008).

### 1. Morfologi

*Klebsiella pneumonia* adalah bakteri Gram negatif yang berbentuk batang (basil), berpasangan atau berderet, tidak berspora, tidak bergerak dan berkapsul (Gambar 4). Berdasarkan kebutuhannya akan oksigen, Klebsiella pneumonia merupakan bakteri fakultatif anaerob (Kurniawan dan sahli, 2017).



Gambar 2. Morfologi *Klebsiella pneumonia*
(Sumber : Del Rio-Pertuz, et al., 2023)

2. **Patogenitas**

Bakteri ini biasanya mengkolonisasi permukaan mukosa orofaring dan saluran gastrointestinal (GI) manusia. Serotipe K. pneumoniae yang hipervirulen dengan peningkatan produksi kapsul polisakarida dapat menyerang orang yang sebelumnya sehat dan menyebabkan infeksi, seperti abses hati piogenik, meningitis, fasciitis nekrotikans, endoftalmitis, dan pneumonia berat. Klebsiella pneumonia biasanya menyerang lobus atas, namun bisa juga menyerang lobus bawah. Pemeriksaan biasanya menunjukkan tanda-tanda konsolidasi unilateral, seperti krepitasi, pernapasan bronkial, dan peningkatan resonansi vokal, sebagian besar di lobus atas. Gejala pasien dengan pneumonia yaitu batuk, demam, nyeri dada pleuritik, dan sesak napas (Ashurs dan Dawson, 2023).

.

## Daftar Pustaka

[FDA] Food and Drug Administration. 2011. *Bacteriological Analytical Manual. Diarrheagenic Escherichia coli. Chapter 4A.* Food and Drug Association (FDA). http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm070080.htm.

Ashurst JV, Dawson A. Klebsiella Pneumonia. [Updated 2023 Jul 20]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519004/

Ashurst JV, Truong J, Woodbury B. Typhoid Fever (Salmonella Typhi) [Updated 2023 Aug 8]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519002/

Aslam A, Okafor CN. Shigella. [Updated 2022 Aug 8]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482337/

Crump, J. A., Sjölund-Karlsson, M., Gordon, M. A., & Parry, C. M. (2015). Epidemiology, Clinical Presentation, Laboratory Diagnosis, Antimicrobial Resistance, and Antimicrobial Management of Invasive Salmonella Infections. *Clinical microbiology reviews*, *28*(4), 901–937. https://doi.org/10.1128/CMR.00002-15

Del Rio-Pertuz, G., Gutiérrez, J. F., Triana, A. J., Molinares, J. L., Robledo-Solano, A. B., Meza, J. L., ... & Carratalà, J. (2019). Usefulness of sputum gram stain for etiologic diagnosis in community-acquired pneumonia: a systematic review and meta-analysis. *BMC infectious diseases*, *19*, 1-12.

Irianto, K. (2014). Bakteriologi, Mikologi, dan Virologi. *Bandung: Alfabeta*.

Jawetz, Melnick, dan Adelberg's. 2008. Mikrobiologi Kedokteran. Jakarta : Salemba Medika.

Kaper, J. B., Nataro, J. P., & Mobley, H. L. (2004). Pathogenic Escherichia coli. *Nature reviews. Microbiology*, *2*(2), 123–140. https://doi.org/10.1038/nrmicro818

Karsinah, Lucky, H.M., Suharto, Mardiastuti. H.W, 2011. *Buku Ajar Mikrobiologi Kesehatan : Batang Gram Negatif Escherichia*. Tangerang : Binarupa Aksara Publisher.pp 195-8.

Kurniawan, Fajar Bakti dan Sahli, Indra Taufik. 2017. Bakteriologi. Jakarta : Penerbit Kedokteran. EGC

Manning, S. (2010) Escherichia coli Infection. 2nd edn. Edited by H. Babcock. New York: Chelsea House Publisher

Mueller M, Tainter CR. Escherichia coli Infection. [Updated 2023 Jul 13]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564298/

Mulcahy, L. R., Isabella, V. M., & Lewis, K. (2014). Pseudomonas aeruginosa biofilms in disease. Microbial ecology, 68(1), 1–12. https://doi.org/10.1007/s00248-013-0297-x

Nurwahidah, S. (2023). UJI DAYA HAMBAT DAUN BAKAU (Rhizophora apiculata) TERHADAP BAKTERI *Salmonella typhi.*

Radji, Maksum. 2010. *Buku Ajar Mikrobiologi* : Panduan Mahasiswa Farmasi dan. Kedokteran. Jakarta: EGC.

Rahayu, W. P., Siti Nurjanah, S. T. P., & Ema Komalasari, S. T. P. (2021). *Escherichia coli: patogenitas, analisis, dan kajian risiko*. PT Penerbit IPB Press.

Soemarno. 2000. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Klinik. Yogyakarta: Akademi Analis Kesehatan.

Sri Rahayu, R. (2023). *IDENTIFIKASI BAKTERI Escherichia coli PADA URINE PASIEN PENDERITA DIABETES MELITUS TIPE 2 DI RSU BAHTERAMAS PROVINSI SULAWESI TENGGARA* (Doctoral dissertation, Poltekkes Kemenkes Kendari).

Wilson MG, Pandey S. Pseudomonas aeruginosa. [Updated 2023 Aug 8]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557831/

## Tentang Penulis

Nurul Hadiatun, S.Tr.A.K.,M.Kes., lahir di Bima, 31 Agustus 1996. Menyelesaikan pendidikan tinggi; Diploma III (D3) pada program studi Analis Kesehatan di STIKes Maharani Malang (2018); Diploma IV (D4) pada Program Studi Analis Kesehatan di Universitas Muhammadiyah Semarang (2019); Pendidikan Magister (S-2) pada Program Studi Ilmu Laboratorium Klinis di Universitas Muhammadiyah Semarang (2022). Saat ini tercatat sebagai dosen tetap pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis (S.Tr.TLM) di Politeknik Medica Farma Husada Mataram. Penulis menekuni bidang ilmu Mikrobiologi dan Hematologi dan menunjukkan dedikasinya terhadap pengembangan pengetahuan di bidang tersebut melalui karya-karya penelitian dan buku referensi serta kontribusinya dalam dunia akademis. Penulis dapat dihubungi melalui email: nurulhadiatunmnatsir04@gmail.com atau HP/WA 081246628106.

# .:: BAB 8 ::.

## PEWARNAAN BAKTERI

**Baiq Isti Hijriani, S.Si., M.Si**
Politeknik Medica Farma Husada Mataram
*baiqistih@gmail.com*

### A. Pengantar

Identifikasi bakteri merupakan suatu prosedur yang lazim dilakukan di laboratorium mikrobiologi yang tujuannya untuk mengetahui morfologi, struktur, serta sifat fisiologis bakteri. Untuk mengidentifikasi bakteri dapat dilakukan dengan pemeriksaan mikroskopis, pewarnaan, dan pemeriksaan aktivitas biokimia bakteri. Struktur bakteri hampir tidak berwarna dan kontras dengan air, sehingga dibutuhkan zat warna untuk memudahkan identifikasi bakteri.

### B. Pewarnaan Bakteri

Tahap awal dalam prosedur identifikasi bakteri yaitu pewarnaan bakteri. Pewarnaan bakteri didefinisikan sebagai suatu prosedur dalam mengamati reaksi sel bakteri terhadap zat warna yang diberikan (Rini & Rochmah, 2020). Pewarnaan menjadi bagian penting, dikarenakan fungsinya untuk memperjelas dalam melihat ukuran dan bentuk bakteri, selain itu pewarnaan juga berfungsi dalam memberi warna pada bagian-bagian bakteri sehingga menambah kontras dan struktur dalam

maupun struktur luar bakteri dapat dilihat tampak jelas (Amin et al., 2023).

Dalam pewarnaan bakteri, digunakan pewarna yang bereaksi secara kimia dengan sel bakteri sehingga meningkatkan kontras antara sel bakteri dan latar belakang. Pewarna bakteri merupakan senyawa organik yang tersusun oleh gugusan auksokrom dan kromofor yang terikat pada cincin benzena (Kurniati et al., 2018). Gugus auksokrom adalah gugus fungsional dengan elektron bebas didalamnya. Gugus ini memberikan disosiasi elektrolit molekul pewarna sehingga lebih mudah bereaksi. Sedangkan gugus kromofor adalah gugus atom dalam senyawa organik yang mampu menyerap sinar ultraviolet (UV) dan sinar tampak. Gugus kromofor inilah yang memberikan warna pada molekul pewarna (Geo. F. Brooks et al., 2013).

Berdasarkan muatannya, pewarna dikelompokkan menjadi dua, yaitu pewarna asam dan basa. Pewarna asam mengandung kromofor yang bermuatan negatif (anion), pewarna asam ini dapat bersenyawa lebih cepat dengan sitoplasma sel. Contoh pewarna asam adalah eosin, fuchsin. Sedangkan pewarna basa mengandung kromofor yang bermuatan positif (kation), pewarna basa ini dapat lebih mudah bereaksi dengan inti sel. Contoh pewarna basa adalah methylen blue, safranin (Wilson, 2008).

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pewarnaan bakteri:

1. Fiksasi

   Fiksasi merupakan teknik pemanasan terhadap preparat bakteri sebelum dilakukan pewarnaan, dengan cara melewatkan preparat bakteri sebanyak 2-3 kali selama 2-3 detik di atas nyala api bunsen atau spiritus. Fiksasi yang tidak sempurna

dapat menyebabkan kurang melekatnya sel bakteri pada slide sehingga sewaktu pencucian mudah lepas dan ikut tercuci, sehingga saat pengamatan tidak terlihat hasil yang diinginkan.

Peranan fiksasi sebelum pewarnaan bakteri:

a) Mematikan sel-sel bakteri
b) Melekatkan preparat
c) Mengawetkan preparat
d) Mempermudah dalam pewarnaan bakteri dikarenakan pori-pori dinding sel bakteri akan terbuka sehingga menyebabkan pewarna mudah masuk dan terserap dengan sempurna (Kurniati et al., 2018).

2. Peluntur warna

Prosedur pelunturan warna dalam pewarnaan dikenal dengan sebutan *decolorisasi*. Prosedur ini bertujuan untuk mendapatkan kontras yang baik pada bayangan mikroskop. Semakin mudah sel bakteri terwarnai maka akan semakin mudah juga untuk mengalami *decolorisasi*. Reagen *decolorisasi* dapat berasal dari asam (HCl, $H_2SO_4$, $HNO_3$, dan lainnya), basa (KOH, NaOH, dan lainnya), logam berat ($AgNO_3$, $CuSO_4$, dan lainnya), logam ringan ($Na_2SO_4$, $MgSO_4$, dan lainnya), alkohol, air, aseton, dan gliserin (Bisen, 2014).

3. Substrat

Terdapat dua macam pewarna bakteri dilihat dari muatannya, yaitu pewarna asam dan pewarna basa. Pewarna asam maupun pewarna basa mampu bereaksi dengan konstituen-konstituen tertentu. Oleh karenanya, substrat organik yang berhubungan dengan kandungan utama sel, terdiri dari asam nukleat, karbohidrat, lipid, dan protein juga akan

mempengaruhi proses pewarnaan bakteri. Sehingga dapat dibedakan kelompok sel bakteri yang mampu mengikat pewarna basa atau disebut dengan basofil, sel bakteri yang mampu mengikat pewarna asam disebut dengan asidofil, dan sel bakteri yang mampu mengikat pewarna yang larut dalam minyak disebut sudanofil (Bisen, 2014).

4. Intensifikasi pewarnaan

   Tujuan dari insentifikasi pewarnaan adalah mempercepat pewarnaan bakteri, dengan adanya penambahan mordant, yang mampu menyebabkan zat terikat lebih kuat dalam jaringan. Intensifikasi dapat juga dilakukan dengan cara meningkatkan pewarna, dan temperature pewarnaan. Berdasarkan sifatnya, mordant terbagi menjadi dua yaitu mordant asam dan mordant basa. Mordant asam mampu bereaksi dengan pewarna basa, contohnya adalah asam pikrat dan asam tanin. Sedangkan mordant basa mampu bereaksi dengan pewarna asam, contohnya adalah $FeSO_4$, setil pirimidium-klorida, dan kantimonium (Rini & Rochmah, 2020).

5. Zat warna penutup

   Pemberian zat warna penutup bertujuan untuk memberikan warna kontras pada sel bakteri yang diwarnai dan tidak menyerap warna awal. Warna penutup diberikan pada tahapan akhir pewarnaan, contohnya adalah eritrosin, methylen blue, safranin, dan lainnya (Bisen, 2014).

Secara garis besar, pewarnaan bakteri dibagi menjadi dua, yaitu (Jawetz et al., 2022):

1) Pewarnaan bakteri hidup

Pewarnaan bakteri hidup jarang dikerjakan di laboratorium, dikarenakan bakteri hidup sulit untuk menyerap pewarna. Pewarnaan ini bertujuan untuk melihat pergerakan bakteri, dilakukan dengan menggunakan metode tetes gantung (*hanging drop*).

2) Pewarnaan bakteri mati

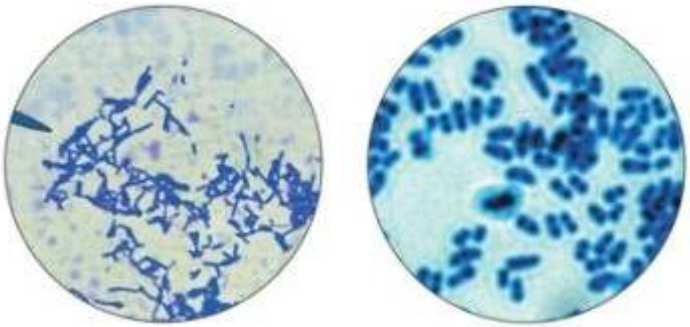
Pewarnaan bakteri mati dilakukan terhadap bakteri yang telah dimatikan atau disebut *fixed state*. Pewarnaan ini bertujuan untuk melihat struktur luar bahkan sampai struktur dalam bakteri, memperjelas melihat ukuran bakteri, dan dapat mengetahui sifat-sifat fisik dan kimia dari bakteri tersebut.

## C. Teknik Pewarnaan Bakteri

Teknik pewarnaan pada bakteri dibedakan menjadi empat macam, yaitu:

1) Pewarnaan Sederhana

Pewarnaan sederhana didefinisikan sebagai pewarnaan yang menggunakan satu macam pewarna. Pewarna yang umumnya digunakan antara lain *Basic Fuchsin, Crystal Violet,* dan *Methylen Blue* yang bersifat basa (alkali) dimana komponen kromofornya bermuatan positif. Sitoplasma bakteri yang bersifat basofilik (suka basa) menyebabkan terjadinya gaya tarik antara komponen kromofor pada pewarna dengan sel bakteri, sehingga bakteri mudah terwarnai dengan pewarnaan sederhana. Tujuan dari pewarnaan sederhana ini adalah untuk mengetahui bentuk dan susunan dari sel bakteri.



Gambar 1. Pewarnaan sederhana, bakteri *Escherichia coli* dengan pewarna Kristal Violet (kiri), dan bakteri *Corynebacterium* dengan pewarna *Methylen Blue* (kanan) (Tankeshwar, 2022).

2) Pewarnaan Negatif

Pewarnaan negatif merupakan teknik pewarnaan untuk melihat morfologi dan ukuran sel bakteri, ditujukan untuk mengamati sel bakteri yang susah diwarnai, misalnya bakteri yang berbentuk spiral yaitu Spirochaeta dan Leptospira. Pada pewarnaan ini pewarna tidak mewarnai sel bakteri, akan tetapi mewarnai latar belakangnya sehingga sel bakteri terlihat transparan (tembus pandang). Contoh pewarna pada pewarnaan negatif adalah nigrosin (tinta india). Pewarna nigrosin mempunyai ukuran molekul yang lebih besar dibandingkan dengan ukuran pori-pori sel bakteri, sehingga menyebabkan pewarna tidak mampu masuk mewarnai sel bakteri. Selain itu, pewarna nigrosin bersifat asam dengan kromofor bermuatan negatif, sehingga akan terjadi reaksi tolak menolak dikarenakan dinding sel dan sitoplasma bakteri bermuatan negatif, menyebabkan sel bakteri tidak berwarna dan mudah dilihat dengan latar belakang yang berwarna (Bisen, 2014) (Rini & Rochmah, 2020).

Gambar 2. Hasil pewarnaan bakteri teknik pewarnaan negatif (Geo. F. Brooks et al., 2013)

3) Pewarnaan Diferensial

Pewarnaan diferensial merupakan pewarnaan bakteri yang menggunakan lebih dari satu macam pewarna, dengan tujuan untuk membedakan struktur atau susunan kimiawi dinding sel bakteri yang berbeda.

Pewarnaan diferensial dibagi menjadi pewarnaan gram, pewarnaan tahan asam (Ziehl Neelsen),

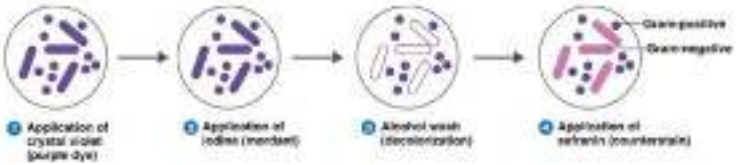
i. Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram merupakan suatu teknik pewarnaan yang bertujuan untuk membedakan spesies bakteri berdasarkan sifat fisik dan kimia dinding selnya, yang terbagi menjadi dua kelompok, yaitu gram positif dan gram negatif (Putri et al., 2017).

Pada pewarnaan gram terdiri dari empat macam reagen pewarna, yaitu:

- Pewarna utama yaitu Kristal Violet
- Mordant yaitu Lugol/Iodin, senyawa yang digunakan untuk mengintensifkan warna utama
- Pencuci atau peluntur yaitu Alkohol Asam, solven organik yang digunakan untuk melunturkan pewarna utama

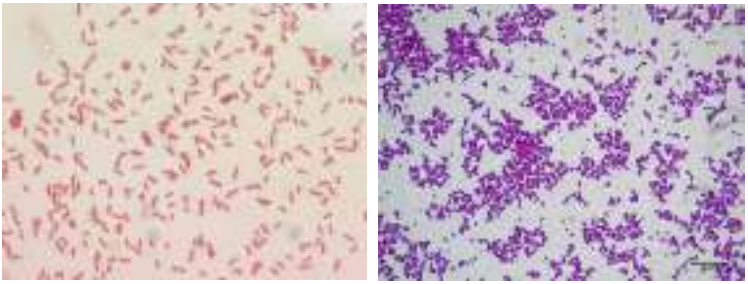
- Pewarna kedua atau pewarna penutup, yaitu Safranin/Karbol Fuchsin, digunakan untuk mewarnai kembali sel bakteri yang telah kehilangan warna utama setelah perlakuan dengan alkohol.




Gambar 3. Prosedur pewarnaan gram (Biorender, 2023)

a) Bakteri Gram Negatif
Bakteri gram negatif adalah bakteri yang tidak mempertahankan pewarna dasar yaitu pewarna kristal violet =setelah pencucian dengan alkohol. Bakteri gram negatif mempunyai lapisan peptidoglikan yang tipis dan lapisan luar terdiri atas lipopolisakarida yang kemungkinan tercuci oleh alkohol, dan lapisan peptidogilkan yang tipis sehingga akan menyerap pewarna safranin ketika diwarnai dan sel bakteri terwarnai merah dilihat dengan mikroskop (Geo. F. Brooks et al., 2013).

b) Bakteri Gram Positif
Bakteri gram positif adalah bakteri yang mempertahankan pewarna dasar yaitu pewarna kristal violet setelah pencucian dengan alkohol. Hal ini menyebabkan bakteri gram positif berwarna ungu. Bakteri gram positif mempunyai lapisan di dinding sel berupa peptidoglikan yang tebal sehingga selnya kaku, dan lapisan luar terdapat senyawa asam teikhoat (Geo. F. Brooks et al., 2013).



Gambar 4. Bakteri gram negatif berwarna merah (kiri), dan bakteri gram positif berwarna ungu (kanan) (Jawetz et al., 2022)

ii. Pewarnaan Tahan Asam

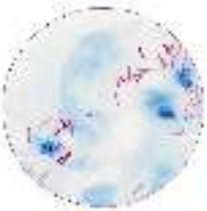
Spesies bakteri tertentu tidak dapat diwarnai dengan pewarnaan sederhana, namun dapat diwarnai dengan pewarna Karbol Fuchsin yang dipanaskan. Contoh bakteri tersebut umumnya pada genus *Cryptosporidium, Mycobacterium*, dan *Nocardia*. Pewarna karbol fuchsin dipanaskan dengan tujuan untuk menghilangkan lapisan lilin pada dinding sel bakteri, sehingga pewarna dapat terserap dengan baik oleh sel bakteri. Sel bakteri yang sudah terwarnai karbol fuchsin, susah untuk dilunturkan dengan larutan asam alkohol, oleh karena itulah disebut sebagai bakteri tahan asam (Yusmaniar et al., 2017)

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam pewarnaan tahan asam yaitu Ziehl-Neelsen disebut juga hot stain, yaitu pewarnaan dengan pemanasan. Metode Kinyoun-Gabbet disebut juga cold stain, yaitu pewarnaan tanpa pemanasan.

Pada metode Ziehl-Neelsen, bakteri tahan asam akan menyerap warna karbol fuchsin yang dipanaskan, hal ini dikarenakan terbukanya lapisan lemak pada dinding sel bakteri. Hasil pewarnaan yang dihasilkan sulit untuk di-

lunturkan dengan asam alkohol, dikarenakan pada suhu normal lapisan lemak tersebut kembali tertutup, sehingga walaupun diwarnai dengan pewarna tandingan, yaitu Methylen Blue, sel bakteri tersebut tetap berwarna merah. Sedangkan bakteri tidak tahan asam akan menyerap warna dari methylen blue sehingga berwarna biru (Rini & Rochmah, 2020).

Metode Kinyoun-Gabbet merupakan pewarnaan tahan asam tanpa dilakukan pemanasan. Terdapat pewarna alkali fuchsin dengan konsentrasi yang tinggi yang mampu menghilangkan lapisan lilin pada dinding sel bakteri tahan asam walau tanpa pemanasan. Sama seperti metode Ziehl-Neelsen, bakteri tahan asam akan terwarnai merah, sedangkan bakteri yang tidak tahan asam akan terwarnai biru (Bisen, 2014)



Gambar 5. Prosedur pewarnaan tahan asam. Tampak bakteri tahan asam berwarna merah dengan latar belakangnya berwarna biru (Tankeshwar, 2022).

4) Pewarnaan Struktural

Bakteri mempunyai struktur-struktur yang dapat diamati dengan mudah dan jelas dengan pewarnaan. Pewarnaan struktural bertujuan untuk melihat struktur tertentu dari sel bakteri.

Berikut merupakan pewarnaan struktural:

i. Pewarnaan Spora

Bakteri genus *Bacillus* dan *Clostridium* mempunyai kemampuan untuk membentuk spora, sehingga bakteri dapat bertahan pada kondisi yang ekstrim. Spora yang terbentuk di dalam tubuh vegetatif bakteri disebut dengan endospora. Bakteri yang membentuk endospora dapat hidup dan mengalami tahapan pertubuhan hingga beberapa generasi.

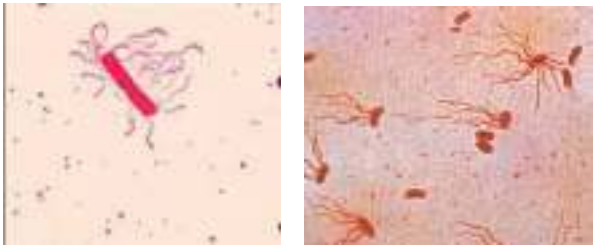
Struktur spora dapat diamati dengan pewarnaan tertentu yang mampu menembus dinding tebal dari spora. Terdapat beberapa metode pewarnaan spora, yaitu Schaeffer-Fulton yang menggunakan pewarna Malachite Green dan Safranin, serta metode Dorner yang menggunakan pewarna Karbol Fuchsin yang dipanaskan dan Negrosin. Spora bakteri mengandung asam dupikolinat, yang merupakan senyawa khas yang dimiliki oleh spora bakteri dan tidak ditemui pada sel vegetatif bakteri. Senyawa asam dupikolinat inilah yang dimanfaatkan untuk diwarnai dengan menggunakan pewarnaan tertentu (Kurniati et al., 2018).

Gambar 7. Hasil pewarnaan spora bakteri (Pandey, 2021)

ii. Pewarnaan Flagella

Flagella merupakan alat gerak bakteri yang mengakibatkan bakteri dapat bergerak berputar. Prinsip pewarnaan

flagella adalah melapisi organel tersebut dengan mordant sehingga dapat dilihat. Terdapat dua metode dalam pewarnaan flagella, yaitu metode Gray dan metode Leifson. Metode pewarnaan flagella menggunakan pewarna khusus yaitu, Kristal Violet sebagai pewarna utama, Tannic Acid dan Aluminium Potassium Phosphate berperan sebagai mordant, dan Fenol berfungsi sebagai zat anti jamur. Pewarna Kristal Violet akan membentuk endapan di sekitar flagella, sehingga memberikan warna ungu pada flagella, dan ukuran flagella dapat terlihat jelas (Rohilla, 2010); (Bisen, 2014); (Kamel & Jarjes, 2016).

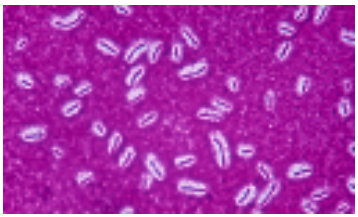


Gambar 7. Pewarnaan flagella (Kamel & Jarjes, 2016)

iii. Pewarnaan Kapsul

Kapsul merupakan salah satu struktur yang dimiliki oleh bakteri tertentu yang sulit untuk diwarnai, dikarenakan daya afinitasnya terhadap pewarna sangat kecil. Pewarnaan kapsul dilakukan dengan menggabungkan prosedur dari pewarnaan sederhana dan pewarnaan negatif. Pewarnaan ini menggunakan pewarna Kristal Violet dan Copper Sulfate sebagai pewarna pelunturnya. Namun, pewarna Kristal Violet tidak dapat meresap dengan kuat pada kapsul, dikarenakan kapsul yang bersi-

fat non ionic. Zat peluntur yang juga berperan sebagai counterstain yaitu Copper Sulfate, akan mengubah warna yang sebelumnya ungu gelap menjadi biru muda atau merah muda. Sehingga dihasilkan kapsul yang tidak terwarnai atau transparan, sedangkan sel bakteri dan latar belakangnya akan terwarnai biru muda atau merah muda (Putri et al., 2017).



Gambar 8. Pewarnaan Kapsul (Pandey, 2021)

## Daftar Pustaka


Amin, S. S., Ghozali, Z., Rusdiana, M., & Efendi, S. (2023). Identifikasi Bakteri dari Telapak Tangan dengan Pewarnaan Gram Identification of Bacteria from Palms with Gram Stain. *CHEMVIRO: Jurnal Kimia Dan Ilmu Lingkungan*, *1*(1), 30–35. https://doi.org/10.56071/chemviro.v1i1.563

Biorender. (2023). *Gram staining*. Biorender.Com. https://doi.org/10.5005/jp/books/12695_6

Bisen, P. S. (2014). Microbial Staining. In *Microbes in Practice* (Issue September 2014, pp. 139–155). https://www.researchgate.net/publication/279865907

Geo. F. Brooks, Karen C. Carroll, Janet S. Butel, Stephen A. Morse, Timothy A. Mietzner - Jawetz, M. & A. M. M.-M.-H. E. (Medical) (2013). (2013). *Medical Microbiology, jawetz*.

Jawetz, Melnick, & Adelberg. (2022). Medical Microbiology. In *McGraw-Hill Education* (Vol. 78, Issue 7).

Kamel, F. H., & Jarjes, S. F. (2016). *Essentials of Bacteriology and Immunology* (Issue January).

Kurniati, T. H., Indrayanti, R., Muzajjanah, Rustam, Y., & Sukmawati, D. (2018). Penuntun Praktikum Mikrobiologi. *Penuntun Praktikum Mikrobiologi*, 1–31.

Pandey, A. (2021). *Endospore Staining And Capsule Staining Of The*

*Bacteria*. Microbiology Notes.
Putri, M. H., Sukini, & Yodong. (2017). *Mikrobiologi* (Edisi Tahu). Pusat Pendidikan SUmber Daya Manusia Kesehatan.
Rini, C. S., & Rochmah, J. (2020). Buku Ajar Mata Kuliah. In *Umsida Press Sidoarjo Universitas* (Vol. 1, Issue 1).
Rohilla, A. (2010). *Handbook of Bacteriology*.
Tankeshwar, A. (2022). *Types of Staining Techniques Used in Microbiology*. Microbe Online.
Wilson, M. (2008). *Bacteriology of humans*.
Yusmaniar, Wardiyah, & Nida, K. (2017). *Mikrobiologi dan Parasitologi* (Edisi Tahu). Pusat Pendidikan SUmber Daya Manusia Kesehatan.

## Tentang Penulis

Baiq Isti Hijriani, S.Si., M.Si lahir di Praya, 15 Mei 1996. Menyelesaikan pendidikan tinggi; Pendidikan Diploma Tiga (D-III) pada Jurusan Analis Kesehatan di Poltekkes Kemenkes Mataram, Mataram (2017); Pendidikan Sarjana (S-1) pada Program Studi Biologi Medik di Universitas Nasional, Jakarta (2019); dan Pendidikan Magister (S-2) pada Program Studi Ilmu Kedokteran Dasar Peminatan Mikrobiologi di Universitas Airlangga, Surabaya (2021). Saat ini sedang tercatat sebagai dosen tetap pada Program Studi D-III Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Medica Farma Husada Mataram. Penulis telah menulis beberapa artikel, yang diterbitkan pada jurnal nasional maupun internasional. Penulis dapat dihubungi melalui email: baiqistih@gmail.com, sosial media (Instagram) @baiqistih, atau HP/WA 0859 2061 3601.

## .:: BAB 9 ::.

# PENYEBARAN DAN PENGENDALIAN BAKTERI (STERILISASI, DESINFEKSI, ANTIBIOTIK)

**Siti Juariah, M.Si**
Universitas Abdurrab
*Email:sitijuariah@univrab.ac.id*

## A. Pengertian

Mikroorganisme adalah makhluk hidup yang sangat kecil sehingga tidak dapat dilihat oleh mata telanjang. Berbagai bentuk kehidupan, seperti bakteri, virus, protozoa, alga, dan jamur, termasuk dalam kategori ini. Mikroorgaisme dapat ditemukan di berbagai tempat di alam, mulai dari lingkungan alami seperti tanah dan air hingga pada atau dalam tubuh makhluk hidup lainnya. Mereka bertanggung jawab atas berbagai proses penting dalam ekosistem, termasuk dekomposisi materi organik, produksi oksigen, dan bahkan berdampak pada kesehatan manusia dan hewan. Sementara beberapa mikroorganisme dapat bermanfaat dalam industri makanan, farmasi, dan lingkungan, yang lain dapat berbahaya dan menyebabkan penyakit.

Bakteri dapat menyebar dari satu tempat ke tempat lain atau dari satu orang ke orang lain. Ini dapat terjadi dengan berbagai cara, seperti udara, kontak langsung, bersentuhan dengan peukaan yang terkontaminasi, makanan atau minuman yang terkontaminasi, atau melalui hewan seperti nyamuk atau kutu. bberapa bakteri dapat menyebabkan penyakit, penyebaran bakteri dapat menjadi penting untuk kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, memahami bagaimana bakteri menyebar sangat penting untuk mengontrol penyebaran penyakit infeksi bakteri.

Upaya pencegahan termasuk menjaga kebersihan pribadi dan lingkungan, vaksinasi, penggunaan antibiotik, dan pengobatan yang tepat untuk mengurangi penyebaran bakteri dan mengendalikan penyakit yang disebabkannya.

Pengendalian bakteri mencakup berbagai cara dan tindakan untuk menghentikan pertumbuhan, penyebaran, atau efek bakteri dalam lingkungan tertentu. Tujuan utama pengendalian bakteri adalah untuk mencegah bakteri patogen menyebabkan penyakit pada manusia, hewan, dan lingkungan.

## B. Penyebaran Bakteri

Bakteri dapat menyebar dari satu tempat ke tempat lain atau dari satu orang ke orang lain. Ini dapat terjadi melalui berbagai cara, seperti udara, kontak langsung, bersentuhan dengan permukaan yang terkontaminasi, makanan atau minuman yang terkontaminasi, atau melalui sumber seperti nyamuk atau serangga.

Karena beberapa bakteri menyebabkan penyakit, penyebaran bakteri bisa sangat penting untuk kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, memahami cara bakteri menyebar sangat penting untuk mengendalikan penyebaran penyakit infeksi bakteri.

Untuk mencegah penyebaran bakteri, hal-hal seperti mencuci tangan secara teratur, menjaga lingkungan bersih, memasak makanan dengan benar, menghindari orang yang sakit, dan menggunakan vaksinasi dan pengobatan yang tepat untuk mengurangi penyebaran dan efek bakteri.

Bakteri dapat menyebar melalui beberapa cara, antara lain:

1. Bersentuhan langsung dengan benda atau kulit yang mengandung bakteri; atau 2. Melalui udara, seperti saat batuk atau bersin.

2. Kontaminasi silang makanan, seperti ketika peralatan memasak tidak dicuci tangan setelah menyentuh makanan mentah
3. Melalui kontak manusia-hewan, seperti penyakit Lyme yang ditularkan oleh kutu yang gigikan
4. Berinteraksi langsung dengan penderita penyakit seperti demam tifoid, TBC, dan meningitis
5. Bersentuhan dengan area tubuh yang tercemar, seperti mata, mulut, hidung, atau luka terbuka atau lecet
6. Melalui alat bantu kehidupan sehari-hari, seperti jarum suntik yang digunakan berulang kali

Beberapa teknik yang dapat dilakukan untuk menghindari terjadinya penyebaran bakteri:

a. Selalu mencuci tangan sebelum makan atau minum.
b. Memasak makanan dengan baik, seperti menggunakan peralatan masak yang bersih dan mencuci tangan setelah menyentuh makanan mentah.
c. Menggunakan alat bantu dengan teliti, seperti jarum suntik yang digunakan secara bergantian.

Beberapa faktor dapat memengaruhi penyebaran bakteri, tergantung pada bakterinya. Namun, berikut adalah beberapa faktor umum yang dapat memengaruhi penyebaran bakteri:

1. Kontak Langsung: Bakteri dapat menyebar melalui kontak langsung dengan orang yang terinfeksi atau benda yang terkontaminasi. Ini adalah karakteristik umum penyebaran penyakit.

2. Kurangnya Kebersihan: Bakteri dapat menyebar dengan mudah karena kebersihan pribadi yang buruk, penggunaan fasilitas sanitasi yang layak, atau kebiasaan cuci tangan yang buruk.
3. Kebersihan Lingkungan: Bakteri dapat tumbuh di tempat yang tidak bersih, terutama di tempat-tempat umum seperti rumah sakit, sekolah, atau fasilitas umum lainnya. Ini dapat mempercepat penyebarannya.
4. Sistem Kesehatan yang Tidak Adekuat: Penggunaan antibiotik atau perawatan medis yang tidak tepat dapat memperburuk penyebaran bakteri, terutama bakteri yang resisten terhadap

## C. Pengendalian Bakteri

Pengendalian bakteri adalah serangkaian tindakan yang dilakukan untuk menjaga kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, atau lingkungan dengan mengurangi pertumbuhan, penyebaran, atau bahkan penghapusan bakteri yang dapat menyebabkan penyakit atau masalah lainnya. Untuk mengendalikan bakteri, ada beberapa langkah, seperti:

1. Kebersihan dan Sanitasi: Langkah paling dasar dalam mengendalikan pertumbuhan bakteri adalah ini. Untuk mengendalikan bakteri, adalah penting untuk cuci tangan secara teratur, membersihkan permukaan dan lingkungan, dan memastikan bahwa makanan dan air tetap bersih.
2. Vaksinasi dan Imunisasi: Pemberian vaksinasi atau imunisasi terhadap beberapa bakteri yang menyebabkan penyakit dapat membantu melindungi tubuh dari infeksi dan mencegah penyebaran bakteri tersebut.

3. Penggunaan Antibiotik: Pengobatan infeksi bakteri dapat dibantu dengan penggunaan antibiotik yang tepat dan sesuai dengan rekomendasi medis. Namun, perlu diingat bahwa penggunaan antibiotik yang berlebihan atau tidak tepat dapat menyebabkan resistensi.
4. Pengendalian Lingkungan: Menjaga faktor lingkungan seperti kelembaban, suhu, atau lainnya yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri.
5. Pencegahan Kontak: Anda dapat membantu mencegah penyebaran bakteri dengan menghindari orang yang terinfeksi, terutama mereka yang menderita penyakit menular.
6. Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat: Kampanye penyuluhan dan pendidikan masyarakat tentang praktik kebersihan, pencegahan infeksi, dan penggunaan antibiotik yang bijaksana.

## D. Teknik Pengendalian Bakteri

Penyebaran bakteri dapat dicegah diawal sebelum terjadinya kontaminasi yang lenbih banyak. Beberapa teknik yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya penyebaran dan bisa disebut sebagai upaya pengendalain bakteri ialah melalui tindakan sterilisai, desinfeksi dan penggunaan antibiotic.

1. Sterilisasi

Dalam mikrobiologi, sterilisasi berarti membebaskan setiap benda atau zat dari kehidupan dalam bentuk apapun. Untuk tujuan mikrobiologi, mikroorganisme dapat dihilangkan secara mekanis melalui sentrifugasi kecepatan tinggi atau filtrasi; mereka juga dapat dihilangkan melalui panas (kalor), berbagai

macam larutan kimia, atau gas seperti formaldehid, etilenoksida, atau betapriolakton; atau sinar ultra atau gamma.

Sterilisasi di dalam laboratorium mikrobiologi menjadi bagian yang penting untuk menghindari hasil positif palsu. Sterilisasi terhadap alat dan bahan sebelum pelaksanaan kegiatan praktikum mikrobiologi membantu hasil atau identifikasi yang akurat terhadap pemeriksaan mikrobiologi. Demikian pula proses desinfeksi dan teknik aseptik oleh praktikan juga tidak dapat dilupakan karena akan mempengaruhi hasil. Sehingga dalam materi ajar ini akan disampaikan mengenai sterilisasi, desinfeksi, dan teknik aseptik.

Pada umumnya banyak peralatan yang digunakan di laboratorium yang terbuat dari bahan gelas. Kelebihan dari bahan gelas ini diantaranya adalah bahan gelas tidak mudah beraksi dengan hampir semua bahan kimia, gelas bersifat bening sehingga memudahkan pengamatan terhadap warna dan isi cairan yang terdapat didalamnya. Gelas juga tahan terhadap perubahan suhu, mudah dibersihkan karena sifatnya yang licin dan tidak terlalu berat karena beraj jenisnya relatif rendah. Sedangkan kekurangannya adalah mudah pecah, sehingga harus hati-hati dalam menggunakannya. Sterilisasi yang sering dan bisaa digunakan adalah dengan menggunakan pemanasan, karena lebih sederhana dan efektif.Bahan kimia tidak untuk sterilisasi media perbenihan, karena dapat membunuh bakteri yang dibiakkan. Saringan (filtrasi) digunakan untuk sterilisasi bahan yang berupa cairan, seperti protein, serum, dan sebagainya.

2. Desinfeksi

Penggunaan bahan kimia atau teknik fisik untuk mengurangi jumlah mikroorganisme patogen pada permukaan atau dalam air disebut desinfeksi.

Tujuan utama dari desinfeksi adalah untuk menghilangkan sebagian besar mikroorganisme patogen yang ada pada permukaan atau dalam air.

Untuk proses desinfeksi, bahan kimia seperti klorin, hidrogen peroksida, alkohol, amonium kuartener, fenol, dan berbagai senyawa kimia lainnya yang memiliki sifat antimikroba juga digunakan. Di sisi lain, metode fisik seperti paparan sinar ultraviolet (UV), panas, atau perlakuan tekanan tertentu juga digunakan.

Sterilisasi diperlukan untuk menghilangkan semua mikroorganisme, sementara desinfeksi biasanya cukup untuk lingkungan atau permukaan, tetapi desinfeksi tidak selalu menghilangkan semua mikroorganisme.cPenting untuk diingat bahwa metode desinfeksi atau bahan kimia yang dipilih harus sesuai dengan permukaan atau lingkungan yang akan dibersihkan, jenis mikroorganisme yang ingin diatasi, dan kebutuhan situasi tertentu. Selain itu, desinfeksi harus dilakukan dengan benar sesuai dengan petunjuk penggunaan untuk memastikan bahwa prosesnya efektif dan menghindari kontaminasi yang tidak diinginkan.

3. Antibiotic

Antibiotik adalah kelompok bahan kimia yang digunakan untuk menghentikan atau membunuh pertumbuhan mikroorganisme, terutama bakteri. Sejak ditemukan, obat ini sangat penting untuk pengobatan infeksi bakteri.

Beberapa cara kerja antibiotik meliputi:

- Mengganggu Pembentukan Dinding Sel: Beberapa antibiotik, seperti penisilin, mengganggu pembentukan dinding sel bakteri, yang diperlukan untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup bakteri.
- Menghambat Pembentukan Protein: Antibiotik seperti tetrasiklin mengganggu pembentukan protein di dalam

bakteri, yang esensial bagi pertumbuhan dan fungsi mereka.

- Menghambat Reproduksi DNA: Sejumlah antibiotik bekerja dengan cara menghambat replikasi atau reproduksi DNA bakteri, menghentikan perkembangan dan reproduksi bakteri.
- Menghambat Sintesis Asam Nukleat: Antibiotik lainnya mempengaruhi sintesis asam nukleat, yang penting untuk replikasi dan fungsi genetik bakteri.

Antibiotik digunakan untuk mengobati berbagai infeksi bakteri, seperti infeksi saluran pernapasan, infeksi kulit, infeksi saluran kemih, dll. Namun, penting untuk diingat bahwa antibiotik hanya efektif terhadap infeksi bakteri daripada infeksi virus seperti flu atau pilek.

Penggunaan antibiotik yang tidak tepat atau berlebihan dapat menyebabkan resistensi antibiotik, di mana bakteri menjadi lebih tahan terhadap efek antibiotik. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengikuti petunjuk dokter dan mengonsumsi antibiotik sesuai dosis yang diberikan. Jangan menggunakan antibiotik tanpa resep dokter. Antibiotik baru terus dikembangkan dan ditemukan untuk mengatasi resistensi antibiotik dan memperluas kemungkinan pengobatan infeksi bakteri.

Pengembangan antibiotik dari bahan alam sudah banyak dikembangkan. Diantaranya adalah dari ekstrak jahe merah, kunyit hitam, jahe hitam dan beberapa jenis tanaman lain. Bebrapa hasil penelitian tersebut diantarnya jahe merah sebagai penghambat bakteri klebsiella pneumonia (Juariah, et.al.,2023). Ekatrak kunyit hitam (curcuma caesia) sebagai penghambat infeksi nosocomial (Juariah, et al., 2023), ekstrak rimpang jahe

merah sebagai penghambat pertumbuhan bakteri pathogen (Juariah, et al., 2023), ekatrak daun pandan wangi sebagi penghambat bakteri eschericia colli (Juariah, et al.,2022) dan masih banyak penelitian ;ain yang menguji kemampuan ekstrak bahan alam sebagai antibakteri.

## Daftar Pustaka

Juariah, Siti; Bakar, Fazleen I. A.; Bakar, Mohd F. A.; Endrini, Susi; Kartini, Sri; Mohamad, Azman; Hanafi, Ahmad F. M. 2023. Antibacterial Activity of Red Ginger (Zingiber officinale var. rubrum) and Black Turmeric (Curcuma caesia) Extracts as Growth Inhibitors of Klebsiella pneumonia, Tropical Journal of Natural Product Research (TJNPR) 7 (8), 3658-3665.

Pelczar M. J.Chan E. C. S. (1986) Dasar-dasar Mikrobiologi Jilid 1. Jakarta: Universitas Indonesia. Dasar Mikrobiologi Jilid 1 dan Jilid 2. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia Jakarta

S Juariah, FIA Bakar, MFA Bakar, S Endrini, 2023. Antibacterial potential of Curcuma caesia Roxb ethanol extract against nosocomial infections. Bali Medical Journal 12 (2), 1959-1963

S Juariah, FIA Bakar, MFA Bakar, S Endrini, S Kartini…Antibacterial Activity and Inhibition Mechanism of Red Ginger (Zingiber officinale var. rubrum) Ethanol Extract Against Pathogenic Bacteria. Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology. - Journal of Advanced Research in Applied Sciences …, 2023

S Juariah, M Melpasandy, E Yusrita. 2022. Uji Daya Hambat Ekstrak Daun Pandan Wangi (Pandanus Amaryllifolius Roxb) Terhadap Bakteri Eschericia Coli Jurnal Media Kesehatan, 2022.

*Singh B.Satyanarayana T.. (2017), Basic MicrobiologyCurrent Developments in Biotechnology and Bioengineering: Foundations of Biotechnology and Bioengineering 10.1016/B978-0-444-63668-3.00001-9.*

*Waluyo L. Teknik dan Metode Dasar Dalam Mikrobiologi. Journal Uni-versitas Atma Jaya Yogyakarta (2010)*

## Tentang Penulis

Siti Juariah, M.Si lahir di Karyamukti, 10 Mei 1985. menyelesaikan pendidikan Tinggi (pendidikan Sarjana (S-1) pada program studi Teknologi Hasil Perairan di Universitas Riau (2007), pendidikan magister (S-2) pada Program Studi Biologi di Universitas Sumatera Utara dam saat ini sedang melanjutkan pendidikan (S-3) di Universiti Tun Hussein Onn malaysia. Saat ini sedang tercatat sebagai dosen program studi D III Analis kesehatan Universitas Abdurrab. Penulis telah mempublikasikan beberapa artikel hasil penelitian pada jurnal nasional maupun internasional, penulis juga aktif menulis buku monograf maupun buku referensi hasil penelitian dan buku ajar. Penulis dapat dihubungi melalui email: sitijuariah@univrab.ac.id/siti,juariah1005@gmail.com .

# .:: BAB 10 ::.

## UJI BIOKIMIA BAKTERI

**Siska Zafrida**
Akademi kesehatan John Paul II Pekanbaru
*siskazafrida@akjp2.ac.id*

### Uji Biokimia

Mikroorganisme memiliki karakteristik biokimia yang menjadi ciri khasnya. Uji biokimia merupakan suatu metode identifikasi untuk mengetahui hasil isolasi bakteri melalui sifat-sifat fisiologis suatu bakteri. Uji biokimia meliputi uji TSIA, SIM, Simmons citrate, urea, MR, VP dan Uji fermentasi karbohidrat.

### A. Uji Fermentasi Karbohidrat

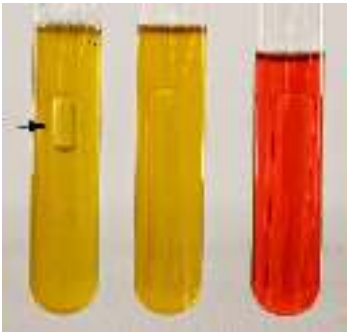
Mikroorganisme menggunakan karbohidrat secara berbeda bergantung pada komplemen enzim yang dimilikinya. Beberapa organisme dapat memfermentasi gula, seperti glukosa, secara anaerob, sementara yang lain menggunakan jalur aerob.

Fermentasi karbohidrat adalah kemampuan memfermentasi karbohidrat oleh mikroorganisme. Hasil akhir fermentasi karbohidrat ditentukan oleh sifat mikroba, media biakan yang digunakan serta faktor lingkungan antara lain suhu dan pH. Media fermentasi harus mengandung senyawa yang dapat dioksidasikan dan difermentasikan oleh mikroorganisme.

Media fermentasi karbohidrat umumnya mengandung:

1. Komposisi kaldu nutrien untuk menyokong pertumbuhan seluruh organisme.
2. Suatu karbohidrat spesifik yang berperan sebagai substrat untuk menentukan kemampuan fermentasi organisme
3. Indikator pH merah, yang berwarna merah pada pH netral (7) dan berubah menjadi kuning pada pH sedikit asam (6,8), memperlihatkan bahwa pembentukan sedikit asam akan menyebabkan perubahan warna.

Sifat reaksi fermentasi dan aktivitas indikator dilakukan pengamatan seluruh biakan dengan melakukan inkubasi. Setelah inkubasi, karbohidrat yang telah difermentasi dan disertai dengan pembentukan senyawa asam akan menyebabkan fenol merah berubah warna kuning. Hal ini menunjukan reaksi yang positif. Pada beberapa kasus, pembentukan asam disertai pelepasan gas ($CO_2$) yang akan tampak sebagai gelembung di dalam tabung terbalik/tabung durham (Gambar 1).



**Gambar 1**. Hasil uji fermentasi karbohidrat

Pada reaksi negarif, mikroorganisme yang tidak dapat memfermentasi karbohidrat tidak akan mengubah warna indikator dan media dalam tabung terlihat bewarna merah juga tidak akan ada gas yang dilepaskan. Hal ini menunjukan mikroorganisme tersebut menggunakan nutrient lain di dalam media sebagai sumber energi.

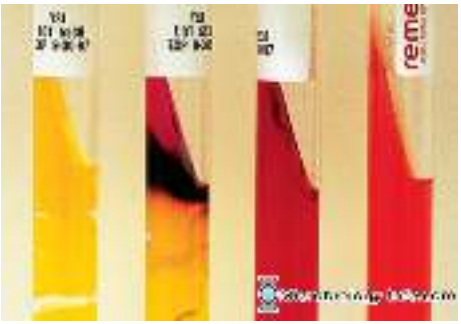
## B. *Tripel Sugar Iron Agar* (TSIA)

Media TSIA merupakan Media diferensial untuk golongan Enterobacteriaceae dan bakteri basil Gram negatif lainnya. Agar miring TSIA mengandung laktosa dan sukrosa berkonsentrasi 1% serta glukosa berkonsentrasi 0,1 %. Tujuannya untuk melihat kemampuan mikroorganisme dalam memfermentasi 3 macam gula yaitu Glukosa, Laktosa dan Sukrosa serta kemampuannya memproduksi hidrogen sulfida (H2S).

Agar miring TSIA diinokulasi dengan teknik tusuk dan gores. Pada teknik ini, dilakukan penusukan suatu jarum yang lurus dan steril mulai dari pangkal kemiringan sampai ke dasar tabung. Saat menarik jarum kembali, permukaan miring media digores. Setelah dilakukan inkubasi, maka akan terbentuk aktivitas fermentasi organisme (Tabel.1)

Organisme yang mampu memfermentasi glukosa, laktosa dan sukrosa maka media akan menjadi warna kuning. Namun, karena konsentrasi laktosa dan sukrosa sepuluh kali lebih tinggi dari glukosa, karena hasil produksi asam yang lebih besar maka baik pada daerah lereng dan bawah akan tetap bewarna kunig kuning. Gas yang dihasilkan oleh fermentasi karbohidrat akan muncul membuat celah di media atau akan mengangkat agar-agar dari bagian bawah tabung.

Media TSIA juga mengandung natrium tiosulfat, suatu substrat untuk pembentukan hidrogen sulfida (H2S) dan fero sulfat untuk mendeteksi hasil akhir yang tidak berwarna. Setelah inkubasi, hanya biakan organisme yang dapat menghasilkan H2S yang akan menunjukan penghitaman yang pekat di bagian dasar kerena terjadi pengendapan fero sulfida yang tidak larut.



**Gambar 2**. Hasil uji pada media TSIA

Tabel 1. Interpretasi hasil:

| Simbol pembacaan | Hasil | Interpretasi |
|---|---|---|
| • A/A | Lereng Kuning/Bawah kuning | Terdapat fermentasi glukosa, laktosa dan sukrosa, lereng dan bawah bersuasana asam |
| • K/A | Lereng merah/ bawah kuning | Terjadi fermentasi glukosa yang menghasilkan suasana asam. Protein dikatabolisme secara aerobic (lereng) yang menghasilkan suasana basa |
| • K/K | Lereng merah/ bawah merah | Tidak terjadi fermentasi. Pepton dikatabolisme secara aerobic dan aneorobic sehingga |

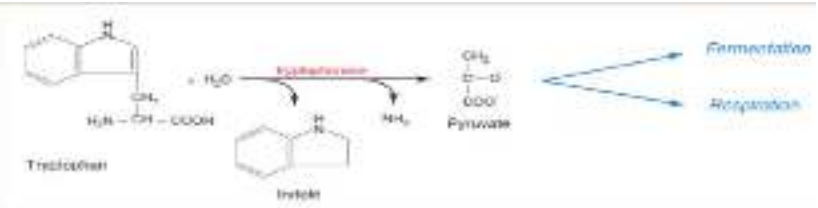
| | | |
|---|---|---|
| | | menghasilkan suasana basa |
| H2S (+) | Endapan warna hitam | Terdapat reduksi sulfur (terjadi dalam suasana asam dari fermentasi glukosa atau laktosa atau sukrosa) |
| GAS (+) | Retakan atau terangkatnya agar-agar | Terbentuk gas |

## C. Uji IMVIC (Indole, Methyl red, Voges Proskauer dan Citrat)

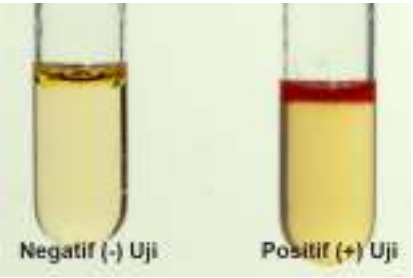
Uji Indole, uji methyl red dan uji Voges proskauer merupakan rangakain dari uji IMVIC. Uji digunakan untuk membedakan antara anggota dari family *Enterobacteriaceae*.

### ❖ Uji Indole

Uji indol digunakan untuk mengidentifikasi kemampuan suatu mikroorganisme dalam menghasilkan indol. Indole dihasilkan dari pengubahan asam amino tryptophan olen enzim tryptophanase (Gambar. 3)




**Gambar 3**. Pengubahan asam amino tryptophan olen enzim tryptophanase menghasilkan indol, $NH_3$ dan pyruvat.




**Gambar 4**. Hasil uji indol pada media SIM (Sulfur Indol Motility)

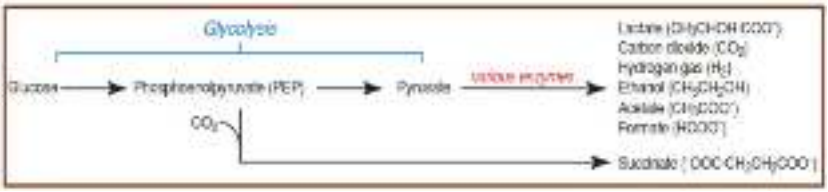
Hidrolisis trytophan pada media trytophan broth oleh trytophanase dapat dideteksi dengan penambahan reagen kovacs' atau erlich setelah diinkubasi selama 24 jam. Ketika beberapa tetes reagen kovacs' ditambahkan maka akan terbentuk lapisan di atas media. Reagen kovacs' mengandung *dimethylaminobenzaldehyde* yang akan bereaksi dengan indol membentuk lapisan warna merah.

Biakan-biakan menghasilkan lapisan pereaksi merah setelah penambahan pereaksi kovacs' megindikasikan indol positif. Tidak terbentuknya lapisan warna merah menunjukan bahwa substrat triptofan tidak dihidrolisis dan menyatakan reaksi indol negatif (Gambar. 4)

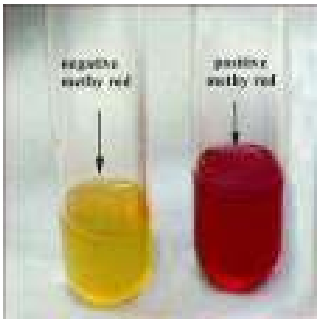
## ❖ Uji *Methyl Red* (MR)

Uji MR digunakan untuk mengidentifikasi kemampuan suatu mikroorganisme dalam memfermentasi karbohidrat dan menghsilkan asam-asam organik sederhana hasil fermentasi (*Mixed-acid fermentation)* dari glukosa (Gambar 5). Media yang digunakan dalam uji ini adalah MR-VP broth, media ini meru-

pakan media sederhana yang berisi pepton, glukosa dan buffer phospate. Pepton sebagai sumber protein, glukosa sebagai sumber karbon, sedangkan buffer pH berfungsi sebagai pencegah perubahan pH pada media




**Gambar 5.** Campuran asam hasil fermentasi (*Mixed-acid fermentation*) dari glukosa.




**Gambar 6**. Hasil uji MR

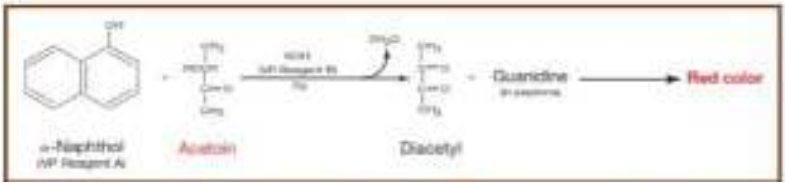
Produksi campuran asam hasil fermentasi glukosa pada MR-VP broth dapat dideteksi dengam penambahan reagen Methyl Red setelah inkubasi selama 24 jam. Methyl red bewarna merah pada pH 4,4 dan kuning pada pH 6,2. Warna merah mengindikasikan hasil positif (+) dan kuning menunjukan hasil negatif (-) (Gambar 6).

❖ **Uji Voges-Proskauer (VP)**

Uji Vp menentukan kemampuan beberapa mikroorganisme dalam menghasilkan acetoin dari degradasi glukosa.

Media yang digunakan dalam uji adalah MR-VP broth. Media ini merupakan media sederhana yang berisi pepton, glukosa dan buffer phospate. Pepton sebagai sumber protein, glukosa sebagai sumber karbon, sedangkan buffer pH berfungsi sebagai pencegah perubahan pH pada media.

Produksi acetoin hasil fermentasi glukosa pada media MR-VP broth dapat dideteksi dengan penambahan reagen α-Napthol dan KOH 40% setelah inkubasi selama 24 jam. Penambahan reagen tersebut akan mengoksidasi acetoin menjadi *diacetyl*. *Diacetyl* akan bereaksi dengan guanidine membentuk warna merah, reaksi lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 7.




**Gambar 7**. Indikator reaksi dari uji VP

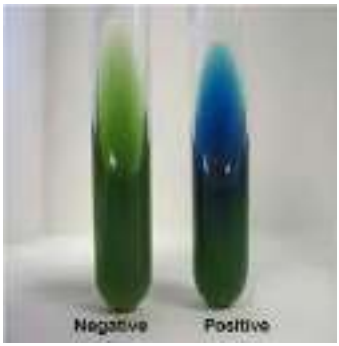
**Gambar 8**. Hasil uji VP

Hasil uji positif jika setelah penambahan reagen terjadi perubahan warna menjadi merah dan negatif jika setelah penambahan reagen tidak terjadi perubahan warna (Gambar 8).

❖ Uji Sitrat

Uji sitrat digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu mikroorganisme untuk menggunakan sitrat sebagai sumber karbon. Simon Citrate Agar merupakan medium yang digunakan dalam uji sitrate. Medium ini berisi natrium sitrat sebagai sumber karbon dan ammonium fosfat sebagai sumber nitrogen. Selain itu medium ini juga mengandung indikator berupa Bromthymol blue (BTB) yang berubah warna menjadi hijau pada pH 6,9 dan biru pada 7,6 pH 7,6.

Bakteri yang dapat bertahan dalam medium dan memanfaatkan sitrat juga mengubah amonium fosfat menjadi amonia (NH3) dan amonium hidroksida (NH4OH), yang keduanya cenderung membuat media agar menjadi basa yang menyebabkan meningkatnya pH sehingga terjadi perubahan medium dari hijau menjadi biru. Perubahan media menjadi biru adalah hasil uji sitrat positif (Gambar 9)



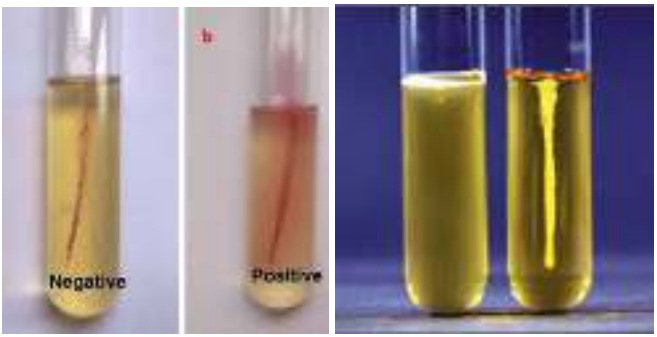

**Gambar 9**. Hasil uji sitrat

## D. Uji Motilitas

Uji motilitas digunakan untuk mendeteksi motilitas (pergerakan) dari suatu mikrobia. Mikroorganisme mampu bergerak karena memiliki alat gerak berupa *flagella. Flagella* digunakan mikrobia bergerak menuju nutrient seperti gula dan asam amino dan bergerak menjauh dari substrat yang berbahaya.

Uji motilitas dilakukan pada media semi solid dengan konsentrasi agar 0,4%, media semi solid ini memudahkan mikroba untuk bergerak mendekati nutrien. Inokulasi dilakukan dengan cara menusukan jarum ose yang telah mengandung inokulum kedalam media. Motilitas dari suatu mikroba dideteksi dengan pertumbahan mikrobia yang tersebar dari tengah media.

Pada media biasanya ditambahkan *tetrazolium salt* (TTC) untuk memudahkan pengamatan terhadap motilitas suatu mikrobia. TTC ini berfungsi sebagai acceptor elektron, sehingga hasil positif ketika tereduksi TTC akan berwarna merah (Gambar 10). Sehingga hasil positif ketika terjadi perubahan warna merah yang tersebar dari tengah media. Sedangkan hasil negatif menunjukan warna merah hanya berupa garis panjang ditengah bekas dari inokulasi. Jika tanpa penambahan TTC maka untuk mengamati motilitas dapat dilihat dari kekeruhan pada medium.




(A) (B)

**Gambar 10**. A. Hasil uji motilitas pada media SIM dengan TTC; B. Hasil uji motilitas pada media SIM tanpa TTC

## E. Uji Urea

Uji urease digunakan untuk membedakan bakteri berdasarkan kemampuan mikroba untuk menghidrolisis urea dengan enzim urease. Urea merupakan produk dekaboksilasi dari asam amino tertentu. Urea dapat dihirolisis menjadi amonia dan karbon dioksida oleh bakteri yang mengandung enzim urease.

Medium yang digunakan dalam uji urea adalah urea broth, dengan komposisi berisi urea, pepton, kalium fosfat, glukosa, phenol red dan agar pepton. Glukosa yang berfungsi menyediakan nutrisi penting untuk berbagai bakteri. Kalium fosfat adalah buffer yang digunakan untuk melawan alkalinisasi medium dari metabolisme pepton. Phenol red sebagai indikator akan bewarna kuning atau orange bilapada kondisi dibawah pH 8,4 dan merah atau merah muda diatas pH 8,4. Sehingga uji positif ditunjukan dengan perubahan warna menjadi pink, karena dalam hidrolisis urea akan dihasilkan amonia yang bersifat basa (Gambar 11)

**Gambar 11.** Hasil uji Urea

## Daftar Pustaka

Braissant, O., Astasov-Frauenhoffer, M., Waltimo, T., & Bonkat, G. (2020). A Review of Methods to Determine Viability, Vitality, and Metabolic Rates in Microbiology. *Frontiers in Microbiology*, *11*(2), 1–25. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.547458

Cooper, C. . (2019). *Sufide-Indole-Motility (SIM)*. Microbiology Laboratory )BIOL 3702L).

Cowan, Marjorie Kelley, and H. S. (2018). *Microbiology A Systems Approach*. McGraw-Hill.

Kushkevych, I. (2022). *Bacterial Physiology and Biochemistry*. Stacy Masucci Publisher.

Madigan, M.T., Bender, K. S., Buckley, D.S., Sattely, Wm., & Stahl, D. . (2021). Brock Biology of Microorganisms. In *Global Edi* (In Sixteen). Pearson.

Norman-McKay, L. (2019). *Microbiology : Basic and Clinical Principles*. Pearson.

Parker, Nina, Mark Schneegurt, Anh-Hue Thi Tu, Brian M. Forster, dan P. L. (2021). *Microbiology*. ASM PRESS.

Richard Goering, Hazel M. Dockrell, Mark Zuckerman, P. L. C. (2018). *Mims' Medical Microbiology and Immunology* (6th ed.). Elsevier Inc.

Smith, Molly, Sara Selby, dan S. S. (2017). *Microbiology for Allied Health Students*. McGraw-Hill.

Suprapti, L. (2020). *Pedoman Pembuatan Media dan Reagensia*. Penerbit Deepublish.

Tille, P. (2015). *Bailey & Scott's Diagnostic Microbiolgy-E-Book*. Elsevier Health Sciences.

Tortora, G.J Funke, B. R., & Case, C. L. (2019). *Microbiology an Introduction* (13th ed.). Pearson Education.

## Tentang Penulis

**Siska Zafrida** lahir pada tahun 1995 di Pekanbaru, Riau. Telah menyelesaikan; Pendidikan Diploma (D-III) pada Program Studi Analis Kesehatan di Universitas Abdurrab, Pekanbaru (2018); Pendidikan Diploma (D IV) pada program studi Teknologi Laboratorium Medik di Universitas Muhammadiyah Semarang (2019); Pendidikan Magister (S-2) pada Program Studi Ilmu Laboratorium Medik di Universitas Semarang (2021). Saat ini sedang tercatat sebagai Dosen Tetap di Akademi Kesehatan John Paul Pekanbaru. Penulis telah memiliki beberapa artikel, baik yang diterbitkan pada jurnal nasional-internasional, maupun dalam buku referensi. Penulis dapat dihubungi melalui email: Siskazafrida@akjp2.ac.id atau HP/WA 082288844044.

# .:: BAB 11 ::.

## UJI SENSITIVITAS BAKTERI

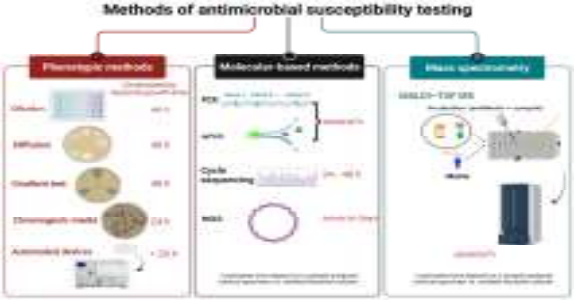
**Sugireng**
Universitas Mandala Waluya
sugireng92@gmail.com

### A. Uji Sensitivitas Bakteri

Pengujian sensitivitas bakteri adalah metode in vitro untuk menentukan sensitivitas atau resistensi bakteri terhadap antibiotik tertentu yang bertujuan menilai kemungkinan agen antibakteri tertentu dapat mengobati infeksi yang disebabkan oleh bakteri tertentu. Hal ini dilakukan dengan memaparkan bakteri terhadap antibiotik yang berbeda di lingkungan laboratorium yang terkendali untuk menilai efektivitasnya dalam menghambat atau membunuh bakteri. Hasil pengujian membantu dokter memilih antibiotik yang paling efektif untuk mengobati infeksi bakteri dan berperan penting dalam memantau pola resistensi bakteri. Dengan menilai kerentanan atau resistensi bakteri terhadap berbagai antibiotik, hal ini memberikan data berharga mengenai prevalensi dan tren resistensi antibiotik pada populasi atau wilayah geografis tertentu. Data kumulatif hasil pengujian dapat digunakan untuk membuat antibiogram yang dapat memprediksi terapi a tibakteri yang tepat (Khan *et al*., 2019).

Metode dasar pengujian sensetivitas bakteri terhadap antibi-otik meliputi uji kualitatif atau difusi cakram Kirby Bauer dan

uji kuantitatif yang dapat berupa media cair atau dilusi serta dapat juga menggunakan instrumen otomatis dan metode molekular serta spektrofotometry. Dengan metode mana pun, interpretasi hasil didasarkan pada pedoman yang diberikan oleh Clinical Laboratory Standards Institute (CLSI).




Gambar 1. Metode Pengujian Sensitivitas Bakteri

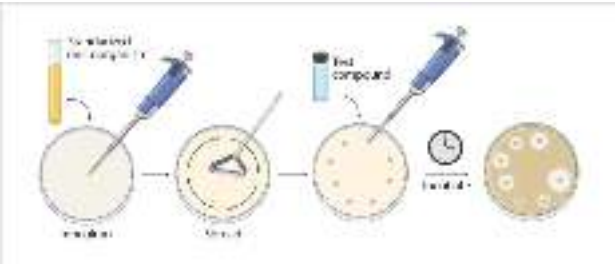
## B. METODE DIFUSI

Uji sensitivitas bakteri secara difusi dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode kertas cakram (disk diffusion *kirby bauer*) dan metode sumuran (*well diffusion).*

### Difusi Cakram (*Disk Diffusion*)

Metode difusi cakram atau *kirby bauer* merupakan cara yang paling sering digunakan untuk menentukan kepekaan bakteri terhadap suatu antibiotik**.** Pengujian ini terutama di lakukan untuk mengetahui sensitivitas atau resistivitas bakteri aerob atau anaerob fakultatif terhadap berbagai jenis antibiotik.

Prinsip pengujian sensitivitas bakteri dengan metode difusi cakram didasarkan pada penilaian kemampuan antibiotik dalam menghambat atau membunuh pertumbuhan bakteri. Media yang digunakan yaitu media *Mueller-Hinton Agar* (MHA) karena tidak menghambat sulfonamid dan memastikan reproduktifitas serta sesuai dengan komposisi dan PH medium.

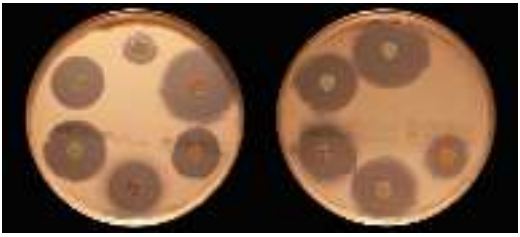


Gambar 1. Skema metode difusi agar-disk. (Matías et al., 2020)

Pada cara ini digunakan suatu cakram kertas saring (*paper disk*) yang berfungsi sebagai tempat menampung zat antibiotik. Kertas saring tersebut kemudian diletakkan pada lempeng agar yang telah diinokulasi bakteri uji, kemudian diinkubasi pada waktu tertentu dan suhu tertentu, sesuai dengan kondisi optimum dari bakteri uji. Pada umumnya, hasil yang di dapat bisa diamati setelah inkbuasi selama 18- 24 jam dengan suh 37$^{o}$C. Hasil pengamatan yang diperoleh berupa ada atau tidaknya zona bening yang terbentuk di sekeliling kertas cakram yang menunjukkan zona hambat pada pertumbuhan bakteri. Diameter zona hambat yang terbentuk diukur di sekitar setiap cakram. Dengan mengacu pada tabel standar CLSI sehingga diperoleh laporan kualitatif sensitif (S), menengah (I) atau resistan (R).

Metode ini telah distandarisasi untuk menguji kerentanan bakteri yang paling umum dan relevan secara klinis yang menyebabkan penyakit pada manusia. Metode ini didasarkan pada penempatan cakram berbeda yang telah diresapi antibiotik pada agar yang telah diinokulasi sebelumnya dengan bakteri uji. Antibiotik berdifusi secara radial ke luar melalui media agar, menghasilkan gradien konsentrasi antibiotik. Setelah zona hambat terbentuk dalam waktu 24 jam setelah inkubasi pada suhu 35

± 1 °C, diameter zona dari setiap antibiotik yang diuji diukur dengan mata telanjang atau menggunakan sistem otomatis. Hasil yang diperoleh harus diinterpretasikan dan dikategorikan sesuai standar CLSI.



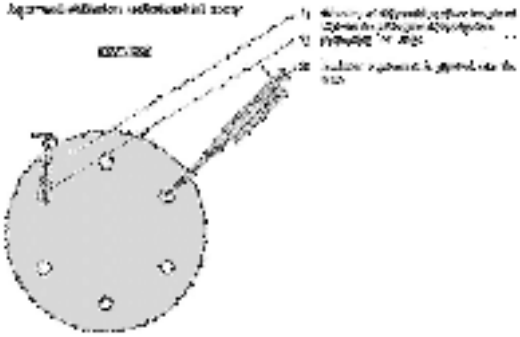
Gambar 2. Contoh hasil metode difusi disk. Strain Klebsiella terhadap antibiotik (Sumber: Microbiologyinpictrure)

Difusi cakram adalah metode yang paling banyak digunakan di laboratorium mikrobiologi karena biayanya yang rendah dan kemudahan kinerja serta penerapannya pada berbagai spesies bakteri dan antibiotik. Pilihan cakram antibiotik bersifat fleksibel dan memungkinkan laboratorium klinis membuat kombinasi berbeda sesuai dengan spesies bakteri dan jenis sampel asal isolat. Interpretasi sederhana memungkinkan deteksi fenotipe atipikal dan visibilitas kontaminasi. Namun, kelemahan utamanya adalah ketidakmampuan menentukan Minimum Inhibitory Concentration (MIC) dan keterlambatan dalam mendapatkan hasil (Gajic et al., 2022).

**Difusi Sumuran (*Well Difussion*).**

Prinsip kerja metode difusi sumuran (*well diffusion*) yaitu terdifusinya senyawa antibakteri ke dalam media padat dimana bakteri uji telah diinokulasikan. Metode sumuran dilakukan dengan membuat lubang yang dibuat tegak lurus pada

agar padat yang telah diinokulasi dengan bakteri uji. Jumlah dan letak lubang disesuaikan dengan tujuan pengujian, kemudian lubang diisi dengan antibakteri yang akan diuji. Setelah dilakukan inkubasi, pertumbuhan bakteri diamati untuk melihat ada tidaknya daerah hambatan di sekeliling lubang.



Gambar 4. Uji antibakteri dengan metode difusi sumuran (Denkova et la., 2017).

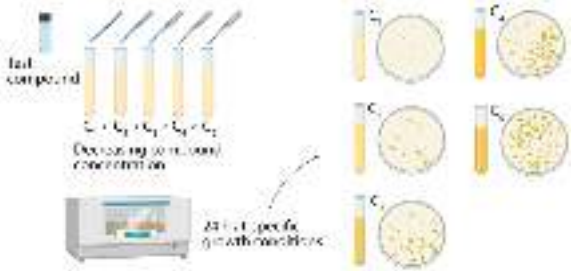
Metode sumuran memiliki kelebihan yaitu lebih mudah mengukur luas zona hambat yang terbentuk karena bakteri beraktivitas tidak hanya di permukaan atas nutrien agar tetapi juga sampai ke bawah. Pembuatan sumuran memiliki beberapa kesulitan seperti terdapatnya sisa-sisa agar pada suatu media yang digunakan untuk membuat sumuran, selain itu juga besar kemungkinan media agar retak atau pecah disekitar lokasi sumuran sehingga dapat mengganggu proses peresapan (Nurhayati, 2020)

Gambar 5. Contoh hasil pengujian sensitivitas bakteri terhadap antibakteri

Dalam proses metode difusi sumuran terjadi proses osmolaritas secara menyeluruh dan homogen. Osmolaritas yang baik dan menyeluruh pada metode difusi sumuran disebabkan konsentrasi antibakteri ada metode difusi sumuran lebih tinggi.

## C. Metode Dilusi

Metode dilusi digunakan untuk menentukan diameter zona hambat minimum atau konsentrasi terendah dari agen antimikroba yang dibutuhkan untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Metode dilusi telah digunakan untuk pengujian perbandingan agen antibakteri baru, setelah hasil difusi cakram yang samar-samar, untuk pengujian resistensi serta untuk mendapatkan hasil kuantitatif. Metode dilusi terdapat dua macam cara yaitu dilusi cair dan dilusi padat.



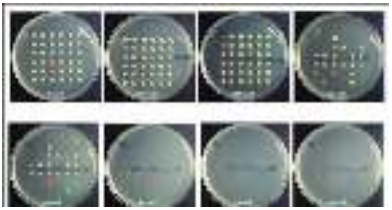
Gambar 6. Skema metode dilusi (Matías *et al.,* 2020)

Dilusi cair yaitu pengujian yang dilakukan dengan menggunakan sederetan tabung reaksi yang diisi dengan bakteri uji dan larutan antibakteri dalam berbagai konsentrasi. Zat yang akan diuji aktivitas bakterinya diencerkan sesuai serial dalam media cair, kemudian diinokulasikan dengan bakteri uji dan diikubasi pada waktu dan suhu yang sesuai dengan bakteri uji. Aktivitas zat ditentukan sebagai kadar hambat minimum (KHM)/*Minimal Inhibitory Concentration* (MIC). MIC adalah kadar terendah antibakteri yang masih mampu menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri. Prinsip metode dilusi cair yaitu pengenceran terhadap antibakteri sehingga di peroleh beberapa konsentrasi, kemudian masing-masing konsentrasi antibakteri ditambah suspensi bakteri dalam media.

Metode dilusi cair memiliki kelebihan yaitu terciptanya permukaan yang luas sehingga kontak antara bahan uji antibekteri dan bakteri lebih tinggi, selain itu lebih ekonomis dan lebih mudah pelaksanaannya. Kelemahannya dengan adanya serial pengenceran maka konsentrasi bahan uji yang diperoleh pada percobaan terbatas hanya pada konsentrasi tertentu saja, sehingga ada kemungkinan daya hambat bakteri sebenarnya dapat diperoleh pada konsentrasi yang lebih rendah.

Prinsip metode dilusi padat yaitu tiap konsentrasi antibakteri dicampur dengan media agar, lalu ditanami bakteri kemudian diinkubasi. Pada metode ini yang diamati adalah ada tidaknya pertumbuhan bakteri atau jika mungkin tingkat kesuburan dari pertumbuhan bakteri yaitu dengan cara menghitung jumlah koloninya. Cara ini dapat digunakan untuk menentukan kadar hambat minimal (KHM) ataupun kadar bunuh minimal (KBM).

Kadar hambat minimal ditentukan dengan melihat konsentrasi larutan yang mulai jernih dengan konsentrasi terendah.

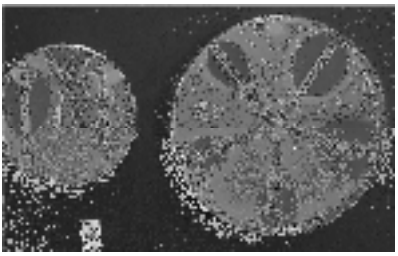


Gambar 7. Contoh hasil pengujian sensitivitas menggukan metode dilusi padat (Benkova *et al.,* 2020).

Kelebihan dari metode dilusi agar yaitu kemampuan untuk menguji beberapa bakteri pada satu set cawan agar pada waktu yang sama, dan kemampuan untuk mengotomatiskan metode ini secara semi-otomatis menggunakan replikator inokulum, yang dapat mentransfer antara 32 dan 60 inokulum bakteri berbeda ke dalam satu wadah. piring agar tunggal. Kelemahan dari metode ini adalah jika metode ini tidak diotomatisasi maka metode ini akan memakan banyak tenaga kerja sehingga memerlukan sumber daya ekonomi dan teknis (Benkova *et al.,* 2020).

## D. Metode *E-test* (*Epsilometer*)

*E-test* merupakan Metode gabungan antara metode dilusi dan metode difusi antibakteri ke dalam media. Metode ini dilakukan dengan menggunakan strip plastik yang sudah mengandung agen antibakteri dengan konsentrasi terendah sampai tertinggi yang diletakkan pada media agar yang telah ditanami bakteri uji. Hambatan pertumbuhan bakteri bisa diamati dengan adanya zona jernih di sekitar strip tersebut (Pratiwi, 2008).



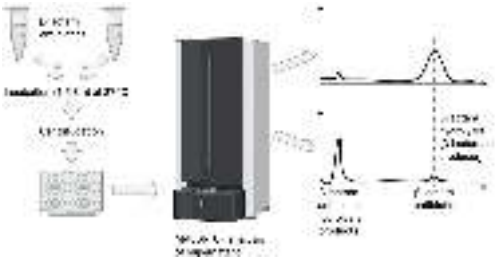
Gambar 8. MIC *Pseudomonas aeruginosa* NCIMB 10421 terhadap tujuh jenis antibiotik (Benkova *et al.,* 2020).

## E. METODE MALDI-TOF MS

Spektrometri massa MALDI-TOF (*Matrix-Assisted Laser Desorbtion Ionization Time-Of-Flight Mass Spectrometry*) merupakan metode yang dilakukan untuk identifikasi bakteri yang memiliki keunggulan yaitu pengoperasian yang mudah, analisis sampel dalam skala besar, akurasi tinggi, dan efisiensi waktu deteksi lebih tinggi daripada metode biokimia tradisional.

Prinsip spektrometri jenis ini adalah menggunakan metode *soft ionization*. Metode ini mengakibatkan biomolekul non-volatil yang berukuran besar, seperti protein mengalami ionisasi dan menguap sehingga akan terdeteksi oleh detektor. Proses identifikasi menggunakan MALDI-TOF dilakukan berdasarkan kesamaan secara logaritma antara spektrum protein yang diperoleh dari sel bakteri dengan spektrum acuan yang ada pada database. Hasil perbandingan ini akan ditampilkan dalam bentuk skor. Skor dibawah 1.700 menunjukan bahwa sampel tidak teridentifikasi sempurna. Sampel yang memiliki skor 1.700 – 1.999 menunjukan hasil identifikasi telah sampai ke tingkat genus dan yang memiliki skor 2.000 – 3.000 menunjukan sampel telah teridentifikasi sampai ke tingkat spesies (Werno *et al.*, 2012).

Salah satu penerapan pertama MALDI-TOF MS yang berhasil dalam mendeteksi resistensi antibiotik yaitu dateksi resistensi bakteri terhadap antibiotik β-laktam dihasilkan bahwa hidrolisis cincin β-laktam setelah paparan antibiotik β-laktam terhadap bakteri penghasil β-laktamase dapat terlihat dalam spektrum massa dengan penurunan puncak yang berhubungan dengan antibiotik dan munculnya puncak yang mewakili produk hidrolisisnya.

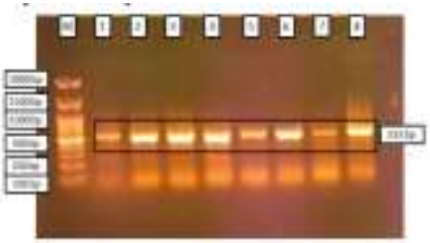


Gambar 8. Skema penggunaan MALDI-TOF MS dalam Deteksi produsen β-laktamase berdasarkan hidrolisis target antibiotik β-laktam, seperti yang divisualisasikan dengan hilangnya puncak.

## F. Metode Molekular

Metode molekular untuk pengujian sensitivitas yaitu dengan menggunakan teknik genotipe berbasis reaksi berantai polimerase (*Polimerase Chain Reaction*), baik konvensional maupun real-time, tersedia secara komersial dalam bentuk pengujian dan mesin otomatis. PCR (*Polimerase Chain Reaction)* bergantung pada amplifikasi rangkaian DNA yang spesifik untuk patogen tertentu dan kerentanan atau resistensi antibiotik. PCR awalnya digunakan untuk identifikasi cepat dan kuantifikasi patogen. Namun setelah itu, dengan meningkatnya pengetahuan tentang dasar genetik resistensi terhadap antibiotik, pendekatan berbasis telah dikembangkan untuk mendeteksi keberadaan faktor penentu genetik. Resistensi terhadap agen

antibakteri yang berbeda. Contoh penting penerapan PCR konvensional mencakup gen *mecA*, yang digunakan untuk mendetekdi bakteri *Staphylococcus aureus* yang resisten terhadap antibiotik golongan methicilin (Sugireng & Rosdarni, 2020).



Gambar 9. Contoh hasil deteksi gen *mecA* pada isolat klinis *Staphylococcus aureus,* terlihat hasil positif ditandai dengan munculnya pita DNA berukuran 533 bp (Sugireng & Rosdarni, 2020).

Pengujian berbasis Real-Time PCR menggunakan probe hidrolisis, probe hibridisasi atau pewarna fluoresen pengikat DNA untai ganda, menggunakan kemampuan untuk mengukur jumlah salinan asam nukleat spesifik dalam sampel klinis untuk mengukur pertumbuhan bakteri di dalam sampel dan secara tidak langsung mengukur resistensi fenotipik. Selain itu, sampel tidak selalu perlu dimurnikan, mungkin tidak steril, dan mungkin mengandung campuran bakteri. Secara umum, metode berbasis PCR merupakan alat skrining yang efisien, andal, dan cepat dengan spesifisitas dan sensitivitas tinggi, serta hasil tes dapat diperoleh dalam waktu 2 jam (Schumacher et al., 2018). Contoh penerapan Real-Time PCR yaitu pengunaan Tes Cepat Molekular (TCM) untuk mendeteksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yang mengalami mutasi genetik sehingga bakteri menjadi resistensi terhadap antibiotik rifampisin (Tamtyas & Rini, 2020).

# DAFTAR PUSTAKA

Benkova, M., Soukup, O. and Marek, J. (2020), Antimicrobial susceptibility testing: currently used methods and devices and the near future in clinical practice. J. Appl. Microbiol., 129: 806-822. https://doi.org/10.1111/jam.14704

Correa, Matías & Martínez, Fernanda & Patiño Vidal, Cristian & Streitt, Camilo & Escrig, Juan & Lopez de Dicastillo, Carol. (2020). Antimicrobial metal-based nanoparticles: a review on their synthesis, types and antimicrobial action Open Access. *Beilstein Journal of Nanotechnology*. 11. 1450-1469. 10.3762/bjnano.11.129.

Crevacore, C., Jacob, E., Coventry, L. L., & Duffield, C. (2023). Integrative review: Factors impacting effective delegation practices by registered nurses to assistants in nursing. *Journal of advanced nursing*, 79(3), 885-895.

Denkova, Rositsa & Goranov, B & Teneva, Desislava & Denkova, Zapryana & Kostov, Georgi. (2017). Antimicrobial activity of probiotic microorganisms: mechanisms of interaction and methods of examination.

Gajic I, Kabic J, Kekic D, Jovicevic M, Milenkovic M, Mitic Culafic D, Trudic A, Ranin L, Opavski N. Antimicrobial Susceptibility Testing: A Comprehensive Review of Currently Used Methods. *Antibiotics*. (2022). 11(4):427. https://doi.org/10.3390/antibiotics11040427.

Khan ZA, Siddiqui MF, Park S. Current and Emerging Methods of Antibiotic Susceptibility Testing. Diagnostics (Basel). 2019 May 3;9(2):49. doi: 10.3390/diagnostics9020049. PMID: 31058811; PMCID: PMC6627445.

Nurhayati, L. S., Yahdiyani, N., & Hidayatulloh, A. 2020. Perbandingan Pengujian Aktivitas Antibakteri Starter Yogurt Dengan Metode Difusi Sumuran Dan Metode Difusi Cakram. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan, 1(2), 41-46.*

Sugireng & Rosdarni. (2020). Deteksi MRSA (methicilin resistant Staphylococccus aureus) dengan metode PCR pada pasien ulkus diabetikum. Prosiding Seminar Nasional Biologi 6 (1), 31-35. https://doi.org/10.24252/psb.v6i1.15232

Schumacher, A., Vranken, T., Malhotra, A., Arts, J.J.C. and Habibovic, P. (2018) In vitro antimicrobial susceptibility testing methods: agar dilution to 3D tissue-engineered models. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 37, 187–208. https://doi.org/10.1007/s10096-017-3089-2.

Tamtyas, F. I., & Rini , C. S. (2020). The Detection of TB Lungs with Microscopic and the Rapid Molecular Test Methods. *Medicra (Journal of Medical Laboratory Science/Technology)*, *3*(1), 1-4. https://doi.org/10.21070/medicra.v3i1.650

## Tentang Penulis

Sugireng, S.Si., M.Si., lahir di Atakka, 24 Agustus 1992. Menyelesaikan pendidikan tinggi; Pendidikan Sarjana (S-1) pada Jurusan Biologi di Universitas Halu Oleo, Kendari (2010); Pendidikan Magister (S-2) pada Jurusan Magister Biologi di Universitas Brawijaya, Malang (2014. Saat ini sedang tercatat sebagai dosen tetap yayasan pada Program Studi DIV Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Mandala Waluya, Kendari. Penulis telah beberapa artikel yang diterbitkan pada jurnal nasional-internasional. Penulis dapat dihubungi melalui email: sugireng92@gmail.com atau HP/WA 0812 411 92688.

# .:: BAB 11 ::.

## BAKTERIOLOGI AIR

**Handarini**
Institut Kesehatan Rajawali
*handa.rinie@gmail.com*

### A. Air dan Kualitas Air

Air yang diupayakan ketersediaannya untuk memenuhi kebutuhan manusia, tentunya harus memenuhi kriteria kelayakan, sehingga air yang digunakan tidak akan mengganggu kesehatan dan lingkungan hidup manusia itu sendiri. Untuk itu, kriteria kelayakan berbagai jenis air yang digunakan oleh manusia, kemudian diatur dan ditetapkan oleh berbagai otoritas berwenang baik tingkat internasional maupun nasional di setiap negara yang ada di dunia ini. Kriteria kelayakan air tersebut dikenal juga dengan kriteria mutu air. Salsabila dan Nugraheni, (2020) menyatakan bahwa kriteria mutu air merupakan suatu dasar baku mengenai syarat kualitas air yang dapat dimanfaatkan. Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian parameter tertentu pada air tersebut. Setiap negara di dunia ini, mengembangkan regulasi untuk pengaturan kualitas air dengan mengacu pada arahan WHO sebagai otoritas internasional. Di Indonesia, pengelolaan kualitas air diatur melalui Peraturan Pemerintah nomor 82 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Mengacu pada PP no 82 tahun 2001, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas yaitu:

1. **Kelas satu**, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
2. **Kelas dua**, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atauperuntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
3. **Kelas tiga**, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar,peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
4. **Kelas empa**t, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kualitas setiap kelas air ditentukan berdasarkan sejumlah parameter yang mencakup parameter fisika, kimia, dan biologi. Omer (2019) merinci parameter kualitas air speerti pada tabel 1 berikut:

**Tabel 1. Jenis-Jenis Parameter Kualitas Air**

| No | Jenis Parameter Kualitas Air | | |
|---|---|---|---|
| | **Fisika** | **Kimia** | **Biologi** |
| **1.** | Kekeruhan | pH | Bakteri |
| **2.** | Warna | Keasaman | Alga |
| **3.** | Bau dan Rasa | Kebasaan | Virus |
| **4.** | *Solids* | Kadar klorida | Protozoa |
| **5.** | *Electrical Conductivity (EC)* | Residu klorin | |

| | |
|---|---|
| **6.** | $SO_4$ |
| **7.** | N |
| **8.** | F |
| **9.** | Fe dan Mn |
| **10.** | Cu dan Zn |
| **11.** | Hardness |
| **12.** | Oksigen terlarut (DO) |
| **13.** | Biochemical Oxygen Demand (BOD) |
| **14.** | Chemical Oxygen Demand (COD) |
| **15.** | Zat toksik organik |
| **16.** | Zat toksik anorganik |
| **17.** | Zat radioaktif |

Standar nilai setiap parameter untuk setiap kelas air berbeda menyesuaikan dengan peruntukannya. Asnawi (2023) menyatakan bahwa kualitas air ditentukan berdasarkan keadaan air dalam kondisi normal. Kondisi normal yang dimaksud adalah kondisi air yang dapat digunakan sesuai fungsi dan peruntukannya. Apabila terjadi penyimpangan dari kondisi normal, maka air tersebut dikategorikan tercemar dan tidak dapat digunakan sesuai fungsi dan peruntukannya. Kondisi tercemar didefinisikan sebagai kondisi apabila suatu kualitas air menyimpang dari standar baku mutu yang seharusnya dan dapat memberi dampak buruk bagi lingkungan dan sekitarnya.

Dalam hal kaitannya dengan kajian bakteriologi air, pembahasan kualitas air berdasarkan parameternya akan lebih banyak difokuskan pada jenis air kelas satu. Berikut adalah uraian setiap paramater tersebut:

## Parameter Fisika

Parameter fisika air yang digunakan sebagai indikator kualitas air antara lain kekeruhan, suhu, warna, bau, rasa, dan total suspended solid (TSS).

### 1. Kekeruhan dan Warna

Asnawi (2023) menyatakan bahwa kekeruhan atau turbiditas merupakan parameter kualitas air yang didasarkan pada timbulnya efek cahaya dari interaksi partikel zat padat yang terkandung dalam air. Air yang keruh dapat disebabkan oleh adanya material padat tersuspensi, seperti tanah, lempung, lumpur, pasir, zat organik, plankton, dan zat-zat halus lainnya yang masih dapat diamati secara visual. Air dengan kekeruhan tinggi sulit disaring dan meningkatkan biaya pengolahan. Selain itu, air keruh mengganggu proses desinfeksi. Oleh karena itu, kekeruhan air perlu dihilangkan, terutama pada air kelas satu.

Dalam hal kaitannya dengan kesehatan, United States Geological Survey (USGS) menyatakan bahwa kekeruhan dalam air minum secara estetika tidak menarik dan juga merupakan masalah kesehatan. Kekeruhan dapat menyediakan makanan dan tempat tumbuh bagi organisme patogen. Jika tidak dihilangkan, penyebab kekeruhan dapat mendorong pertumbuhan kembali patogen di dalam air, hingga menimbulkan wabah penyakit yang ditularkan melalui air. Meskipun kekeruhan bukan merupakan indikator langsung risiko kesehatan, namun sejumlah penelitian menunjukkan bahwa partikel-partikel kekeruhan menyediakan "tempat berlindung" bagi mikroba untuk menghindari paparan terhadap desinfektan (Mann, dkk., 2007; Allen, dkk., 2008).

Ada beberapa cara untuk mengukur tingkat kekeruhan, namun cara yang paling umum adalah menggunakan metode turbidimetri, yaitu menggunakan alat pengukur kekeruhan. Prinsip kerja alat ini adalah memanfaatkan hamburan cahaya pada partikel padat yang terkandung dalam air. Nilai kekeruhan yang dicatat oleh alat merupakan perbandingan intensitas cahaya yang dihamburkan suatu sampel air dengan intensitas cahaya yang dihamburkan oleh larutan standar kekeruhan pada kondisi yang sama. Semakin tinggi intensitas cahaya yang tersebar maka semakin tinggi pula nilai kabutnya (Alaerts dan Santika, 1984). Nilai kekeruhan yang diperoleh dinyatakan dalam Satuan Kekeruhan Nephelometric (NTU).

Warna air merupakan parameter fisika berkaitan dengan kekeruhan. Warna di dalam air dapat disebabkan oleh adanya ion-ion logam (terutama besi dan mangan), humus, plankton, tanaman air, atau material pembusukan vegetasi tanah. Dengan meningkatnya nilai parameter warna, misalnya warna air berubah dari kecoklatan menjadi hitam, menunjukkan adanya bahan kimia seperti logam besi, mangan, dan sianida yang diduga dihasilkan dari pengolahan limbah industri. (Handayani, 2010).

Berdasarkan pada APHA (2005), warna air dapat diukur dengan membandingkan sampel air dengan larutan warna standar atau cakram kaca berwarna Satu unit warna setara dengan warna yang dihasilkan oleh 1 mg/L larutan platinum (kalium kloroplatinat ($K_2PtCl_6$)). Hasil analisis warna sampel air dapat dilaporkan sebagai berikut:

a. Warna semu adalah warna yang nampak pada sampel air dan terdiri dari campuran warna zat terlarut dan endapan.

b. Warna nyata yaitu warna yang diukur setelah menyaring sampel air untuk menghilangkan semua zat yang tersuspensi.

Pengukuran warna air dinilai pada skala 0 (bening) hingga 70 unit warna. Air murni tidak berwarna, yang setara dengan 0 unit warna

## 2. Bau dan Rasa

Bau dan rasa air dapat dipengaruhi oleh keberadaan organisme akuatik seperti alga atau adanya gas seperti $H_2S$ yang dihasilkan dalam kondisi anaerobik, serta kehadiran zat organik tertentu. Bau dan rasa air juga dapat menunjukkan adanya mikroorganisme berbahaya atau zat asing. Beberapa mikroorganisme dapat menguraikan senyawa organik dalam air secara anaerobik, sehingga menghasilkan bau dan rasa yang khas. Bau tidak sedap pada air antara lain menandakan adanya kontaminasi bakteri *coliform*. Ketika air terkontaminasi logam berat atau *coliform*, otomatis air tersebut memperoleh rasa. (Kusnadi dkk., 2003 dan Asnawi, 2023).

Bau dan rasa air juga dapat dipengaruhi oleh kenaikan temperatur air. Temperatur air yang meningkat akan berakibat pada penurunan kadar oksigen terlarut. Kadar oksigen terlarut yang terlalu rendah, akan menimbulkan bau tidak sedap akibat terjadinya degradasi anaerobik oleh mikroorganisme. Selanjutnya, kadar residu terlarut yang tinggi berdampak pada rasa tidak enak. Air dengan kadar residu terlarut yang tinggi, cenderung memiliki kesadahan yang tinggi pula (Kusnadi dkk., 2003).

### 3. Total Suspended Solid (TSS)

Sampel air mengandung berbagai jenis padatan, yang dapat berasal dari aktivitas biologis dan kondisi geografis sekitarnya.Padatan dalam sampel air dapat didefinisikan sebagai zat apa pun yang tersisa sebagai residu dalam wadah ketika sampel air dikeringkan pada suhu tertentu. Padatan ini dapat menjadi salah satu parameter kualitas air yang sering digunakan sebagai dasar perencanaan dan pemantauan proses pengolahan di bidang air minum, air sanitasi, dan air limbah.

Padatan dalam air terdiri dari padatan terlarut dan tersuspensi. Padatan terlarut (TDS) merupakan residu yang tertinggal dalam sampel air berupa ion atau senyawa yang tidak terlihat dengan mata telanjang. Adapun, padatan tersuspensi (TSS), merupakan residu yang tertinggal dalam sampel air, umumnya berbentuk koloid, suspensi, atau partikel kasar yang dapat diamati secara visual. Padatan terlarut (TDS) tergolong parameter kimia dan padatan tersuspensi (TSS) tergolong parameter fisika (Asnawi, 2023).

Berikut gambaran nilai ketetapan untuk setiap parameter fisika berbagai jenis air yang terkait dengan kesehatan manusia, seperti air keperluan higiene sanitasi, kolam renang, solus per aqua, dan pemandian umum, tercantum lengkap mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 32 tahun 2017:

**Tabel 2. Parameter Fisika dalam Standar Baku Mutu Kesehatan untuk Air Higiene dan Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua, dan Pemandian Umum.**

| No | Parameter | Standar Baku Mutu (kadar maksimum) pada: | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Higiene Sanitasi | Kolam Renang | Solus per Aqua | Pemandian Umum |
| 1. | Kekeruhan | 25 NTU | 0,5 NTU | 0,5 NTU | -- |
| 2. | Warna | 50 TCU | -- | | -- |
| 3. | Bau | tidak berbau | tidak berbau | tidak berbau | -- |
| 4. | Rasa | tidak berasa | -- | -- | -- |
| 5. | Suhu | 3 $^0$C | 16-40 $^0$C | < 40 $^0$C | 15-35 $^0$C |
| 6. | Kejernihan | -- | 4,52 m kedalaman | -- | 1,6 m kedalaman |

## Parameter Kimia

Parameter kimia untuk air minum ditetapkan karena adanya permasalahan cemaran air oleh sejumlah bahan kimia beracun atau hasil reaksi yang tidak terduga yang dapat mengganggu kesehatan manusia ataupun kondisi lingkungan. Untuk itu, dalam kriteria mutu air terdapat ketetapan nilai ambang batas maksimal kandungan kimiawi yang diperbolehkan untuk berbagai parameter kimia. Konsentrasi yang berlebihan dari unsur-unsur ini dalam air mempunyai dampak negatif terhadap kesehatan dan penggunaan lainnya. Berikut adalah gambaran singkat standar parameter kimia berbagai jenis air yang termasuk dalam standar baku mutu kesehatan manusia yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 32 tahun 2017.

**Tabel 3. Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan untuk Media Air Higiene dan Sanitasi**

| No | Parameter | Unit | Standar Baku Mutu (kadar maksimum) |
|---|---|---|---|
| 1. | pH | | 6,5-8,5 |
| 2. | Besi | mg/L | 1 |
| 3. | Fluorida | mg/L | 1,5 |
| 4. | Kesadahan | mg/L | 500 |
| 5. | Mangan | mg/L | 0,5 |
| 6. | Nitrat | mg/L | 10 |
| 7. | Nitrit | mg/L | 1 |
| 8. | Sianida | mg/L | 0,1 |
| 9. | Deterjen | mg/L | 0,05 |
| 10. | Pestisida Total | mg/L | 0,001 |
| 11. | Air raksa | mg/L | 0,05 |
| 12. | Arsen | mg/L | 0,005 |
| 13. | Kadmium | mg/L | 0,05 |
| 14. | Kromium (valensi 6) | mg/L | 0,05 |
| 15. | Selenium | mg/L | 0,01 |
| 16. | Seng | mg/L | 15 |
| 17. | Sulfat | mg/L | 400 |
| 18. | Timbal | mg/L | 0,05 |
| 19. | Benzene | mg/L | 0,01 |
| 20. | Zat Organik ($KMnO_4$) | mg/L | 10 |

**Tabel 4. Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan untuk Media Air Kolam Renang, *Solus per Aqua*, dan Pemandian Umum**

| No | Parameter | Unit | Standar Baku Mutu pada: | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Kolam Renang | Solus per Aqua | Pemandian Umum |
| 1. | pH | | – 7-7,8 (menggunakan klorin)<br>– 7-8 (menggunakan bromine) | – 7,2-7,8 (menggunakan klorin)<br>– 7,2-80 (menggunakan bromine) | 5-9 |
| 2. | Alkalinitas | mg/L | 80-200 | 80-200 | -- |
| 3. | Sisa Chlor Bebas | mg/L | – 1-1,5 (kolam beratap)<br>– 2-3 (kolam panas dlm ruangan) | – minimum 1 utk SPA biasa<br>– 2-3 utk SPA panas | -- |

| No | Parameter | Unit | Standar Baku Mutu pada: | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Kolam Renang | Solus per Aqua | Pemandian Umum |
| 4. | Sisa Chlor Terikat | mg/L | 3 | minimum 3 | -- |
| 5. | Total Bromine | mg/L | – 2-2,5 (kolam biasa)<br>– 4-5 (heated pool) | 4-5 | -- |
| 6. | Sisa Bromine | mg/L | 3-4 | 3-4 | -- |
| 7. | Oxidation-Reduction Potential | miliVolt (mV) | 720 (semua jenis kolam renang) | – min 720 (diukur dg silver chloride electrode )<br>– min 680 (diukur dg silver calomel electrode ) | -- |
| 8. | Oksigen Terlarut (DO) | mg/L | -- | -- | ≥ 4 |

## Parameter Biologi

Parameter biologi merupakan parameter kualitas air yang ditinjau dari ada tidaknya mikroorganisme dalam air. Mikroorganisme yang dimaksud salah satunya adalah bakteri patogen yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Namun demikian, bakteri patogen yang potensial berada dalam air, jumlahnya cukup banyak. Jika pemeriksaan mikrobiologis air ditujukan untuk mendeteksi keberadaan semua patogen, akan menjadi langkah yang memerlukan waktu, tenaga, dan biaya relatif tinggi. Untuk itu, parameter biologi air dikembangkan dengan mendeteksi keberadaan mikroorganisme indikator pencemaran.

Jenis mikroba yang berperan sebagai indikator pencemaran berkaitan dengan fakta bahwa sebagian besar penyakit yang ditularkan melalui air bersumber dari adanya pencemaran tinja ke dalam air. Bakteri coliform merupakan mikroba yang selalu ada di dalam saluran pencernaan tubuh manusia dan hewan

berdarah panas. Untuk itu, bakteri tersebut akan selalu ada di dalam air atau perairan yang tercemar oleh limbah domestik (Barell, Hunter, dan Nichols, 2000).

Spesies coliform tertentu yang ditemukan di limbah domestik adalah *Escherichia coli* (Tchobanoglous dkk., 2003). Bahkan jika airnya hanya sedikit tercemar, kemungkinan besar ditemukan sekitar 3 juta bakteri E. coli dalam 100 mL limbah yang tidak diolah (APHA, 2005). Bakteri coliform adalah organisme agresif dan mampu bertahan hidup di air lebih lama dari kebanyakan patogen.

Kusnadi, dkk. (2003) menyatakan bahwa kiteria mikroorganisme indikator yang ideal, adalah sebagai berikut :

a. anggota mikroflora intestinal hewan berdarah-panas.
b. Keberadaannya terdeteksi bersamaan dengan keberadaan mikroba patogen dan tidak akan ditemui pada sampel yang tidak terkontaminasi.
c. terdapat dalam jumlah yang lebih besar dari patogen.
d. rsistensinya terhadap pengaruh lingkungan dan disinfeksi dalam sistem pengolahan air dan air buangan, paling sedikit harus sebanding dengan patogen.
e. tidak boleh berkembang biak dalam lingkungan.
f. dapat ditentukan dengan metode yang mudah, cepat dan murah.
g. bersifat non-patogenik.

Selain coliform, terdapat bakteri jenis lain yang berperan sebagai parameter biologi untuk kriteria mutu

Berikut gambaran nilai ketetapan untuk parameter biologi berbagai jenis air yang terkait dengan kesehatan manusia, seperti air keperluan higiene sanitasi, kolam renang, *solus per aqua*,

dan pemandian umum, tercantum lengkap mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 32 tahun 2017:

**Tabel 5. Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan untuk Air Higiene dan Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua, dan Pemandian Umum.**

| No | Parameter | Standar Baku Mutu (kadar maksimum) pada: | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Higiene Sanitasi | Kolam Renang | Solus per Aqua | Pemandian Umum |
| 1. | Coliform | 50 cfu/100 mL | -- | -- | -- |
| 2. | *E. coli* | 0 cfu/100 mL | <1 cfu/100mL | <1 cfu/100mL | – Rerata geometrik 126 cfu/100 mL<br>– Nilai batas statistik 410 cfu/100 mL |
| 3. | Heterotrophic Plate Count | -- | 100 cfu/100mL | <200 cfu/100mL | -- |
| 4. | *Pseudomonas aeruginosa* | -- | <1 cfu/100 mL | <1 cfu/100 mL | -- |
| 5. | *Legionella* sp. | -- | <1 cfu/100 mL | <1 cfu/100 mL | -- |
| 6. | *Staphylococcus aureus* | -- | <100 cfu/100 mL | -- | -- |

## B. Bakteri dalam Air

### 1. Coliform

Coliform merupakan kelompok bakteri bakteri bentuk batang, Gram-negatif, tidak membentuk-spora, aerobik dan anaerobik fakultatif, memfermentasi laktosa dengan menghasilkan gas dalam 48 jam pada suhu 35 ºC (APHA, 1989). Kelompok ini termasuk *Escherichia coli*, Enterobacter, dan Citrobacter.

Coliform tersebut dikeluarkan dalam jumlah yang besar (2 x 109 coliform per hari per kapita) dalam feses manusia dan hewan, tetapi tidak semua bakteri tersebut berasal dari

fekal. Indikator tersebut sering digunakan untuk menentukan kualitas air minum, kerang air, dan air untuk rekreasi.

Mikroorganisme tersebut kurang sensitif terhadap disinfektan dan faktor lingkungan jika dibandingkan dengan virus atau kista protozoa. Beberapa anggota dari kelompok coliform (contohnya, Klebsiella) kadang-kadang tumbuh di bawah kondisi lingkungan dalam limbah industri dan pertanian.

Penyebaran Coliform dari manusia ke manusia yang lain dapat terjadi melalui jalur fekal oral yaitu dengan cara manusia memakan makanan atau minuman yang telah terkontaminasi feses manusia maupun feses hewan. Infeksi Coliform pada manusia seringkali disebabkan oleh konsumsi makanan produk hewan yang tercemar, misalnya daging dan susu (Balia dkk., 2011).

## 2. Coliform Fekal

Coliform fekal termasuk semua coliform yang dapat memfermentasi laktosa pada suhu 44,5$^{o}$C. Kelompok coliform fekal terdiri dari bakteri seperti, *E. coli* dan *Klebsiella pneumoniae*. Adanya coliform fekal menunjukkan adanya materi fekal dari hewan berdarah-panas. Coliform fekal memperlihatkan pola kelangsungan hidup yang sama dengan bakteri patogen, tetapi bakteri ini tidak dibutakan khususnya untuk indikator adanya kontaminasi virus dan kista protozoa.

Coliform fekal kurang resisten terhadap disinfeksi dibandingkan dengan virus atau kista protozoa. Standar coliform tidak layak digunakan untuk menunjukkan polusi virus pada kerang dan air yang berhubungan. Coliform fekal juga tumbuh kembali pada air dan air limbah dalam kondisi yang memungkinkan.

### 3. Bakteri Anaerobik

Bakteri anaerobik yang tetap dipertimbangkan sebagai indikator adalah *Clostridium perfringens*. Mikroorganisme ini merupakan bakteri bentuk-batang, pembentuk-spora, Gram-positif anaerobik yang menghasilkan spora jika terdapat tekanan lingkungan dan disinfeksi. Spora yang sangat kuat membuat bakteri ini sangat resisten untuk digunakan sebagai mikroorganisme indikator. Penggunaan bakteri ini disarankan sebagai indikator tapi setelah terjadi polusi dan sebagai pencari jejak asal patogen. Bakteri ini juga layak menjadi indikator untuk mengetahui asal polusi fekal pada lingkungan laut.

Jenis bakteri anaerobik lainnya adalah Bifidobacteria merupakan bakteri Gram-positif, tidak membentuk spora, anaerobik yang disarankan sebagai indikator fekal. Sejak beberapa dari bakteri ini dihubungkan terutama dengan manusia (*B. bifidum, B. adeolescentis, B. infantis*). kelompok bakteri tersebut dapat membantu membedakan kontaminasi yang disebabkan oleh manusia dengan yang disebabkan oleh hewan. Bagaimanapun, dibutuhkan perkembangan metode yang layak untuk mendeteksi bakteri tersebut. *Bacteroides* spp. Bakteri anaerobik ini terdapat dalam saluran intestinal pada konsentrasi kira-kira 1010 sel per gram feses, dan ketahanan hidup *B. fragilis* dalam air lebih rendah dari E. coli dan *S. faecalis*. Uji antiserum fluoresen untuk bakteri ini merupakan metode yang sering digunakan untuk menunjukkan adanya kontaminasi fekal dalam air

## C. Teknik Pemeriksaan Kualitas Air Secara Mikrobiologi

Pemeriksaan mikroorganisme pada sampel air dilakukan dengan analisa mikrobiologi. Prinsip dasar analisa mikrobiologi

adalah dengan menumbuhkan mikroba sampel air menggunakan media agar atau kaldu yang mengandung nutrien untuk pertumbuhan mikroba. Media kemudian dimasukkan ke dalamoven pada suhu tertentu hingga beberapa waktu hingga diperoleh koloni bakteri yang muncul pada permukaan media agar di cawan petri.

Terdapat beberapa jenis metode analisa mikrobiologi yang spesifik untuk mikroba spesies tertentu. Contohnya untuk analisa bakteri total digunakan metode Total Plate Count, sedangkan untuk bakteri E. coli tinja digunakan metode filter membran dan tabung fermentasi (Alaerts and Santika, 1984). Disamping itu, untukbakteri koliform dapat dianalisa dengan metode filter membran,most probable number (MPN), dan Coli Count (Weiner and Matthews, 2003).

**Most Probable Number**

Most Probable Number dilakukan dengan menggunakan tabung reaksi berjumlah 3-3-3 atau 5-5-5 tanpa memperhatikan apakah di dalam kelompok tersebut termasuk Coli fekal (FCB/ Fecal Coliform Bacterial) ataupun non-FCB. Medium yang digunakan adalah kaldu laktosa, sebanyak 9 (3-3-3) atau 15 (5-5-5) tabung,

Perbedaan kedua kelompok tersebut dilakukan berdasarkan temperatur inkubasi, yaitu untuk FCB (42 ± 1 ºC) dan untuk non-FCB (37 ± 1ºC). Setelah masa inkubasi 1-4 x 24 jam diamati timbulnya gas (gelembung udara pada tabung Durham) dan asam (media menjadi keruh). Coliform fekal juga

Pelaksanaan analisis dilakukan berdasarkan metode standar dari APHA (American Public Health Association, 1989), yaitu untuk mengetahui jumlah bakteri Coli umumnya

digunakan tabel Hopkins, yang lebih dikenal dengan nama tabel MPN. Tabel tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan jumlah bakteri dalam 100 ml sampel air. Pembacaan hasil uji dilihat dari berapa tabung uji yang menghasilkan gas dan asam (3 seri pertama, kedua dan ketiga), hasil yang positif asam dan gas dibandingkan dengan tabel JPT.

Beberapa kelemahan metode standar ini adalah hanya dapat menggunakan sedikit sampel air, untuk mendapatkan kultur yang baik dibutuhkan waktu beberapa hari. Selain itu, hasil hitung jumlah bakteri coliform hanya diperoleh jumlah perkiraan secara kasar, membutuhkan banyak media dan perlengkapan, serta tidak dapat dilakukan di lapangan tempat pengambilan sampel, sehingga membutuhkan sistem angkutan tertentu untk mencegah atau menekan perubahan sampel yang mengandung bakteri coliform tersebut.

**Heterotrophic Plate Count (HPC)**

HPC dalam air dan air limbah digambarkan sebagai jumlah total bakteri yang dapat tumbuh pada medium agar "plate count" dengan temperatur 35 $^{o}$C selama 48 jam. Semua bakteri dalam sampel air ikut serta dalam penentuan coliform tersebut. HPC sangat dipengaruhi oleh temperatur dan lamanya inkubasi, medium pertumbuhan, dan metode 'plating' ('pour plate'/lempeng tuang atau dengan 'spread plate'/lempeng sebar). Suatu medium pertumbuhan, ditandai dengan R2A, sekarang dikembangkan untuk digunakana dalam HPC. Medium ini direkomendasikan untuk digunakan dengan masa inkubasi 5-7 hari pada temperatur 28 $^{o}$C. HPC tidak melebihi 500 koloni per 1 ml. Jumlah tersebut secara umum merupakan batas deteriorasi kualitas air dalam sistem distribusi.

## Penentuan Coliform dengan Metode Cepat

Uji enzimatik (Enzimatic assays) merupakan suatu pendekatan untuk menentukan bakteri indikator, yang disebut coliform total dan *E. coli*, dalam air dan air-limbah. Uji tersebut bersifat spesifik, sensitif, dan cepat. Pada sebagian besar pengujian, penentuan coliform total terdiri dari pengamatan aktivitas β-galaktosidase, yang berdasarkan pada hidrolisis substrat o-nitrofenil-β-D galaktopiranosida (ONPG) menjadi nitrofenol berwarna kuning, yang menyerap cahaya pada 420 nm. Suatu senyawa fluorogenik (4-metilumbelli ferone-β-D galaktopiranosida) juga dapat digunakan sebagai substrat β-galaktosidase.

Penentuan coliform dengan uji β-galaktosidase dapat dilakukan dengan mencampurkan isopropil-β-D-tiogalaktopiranosida (IPTG) suatu indicer produksi β-galaktosidase, ke dalam medium pertumbuhan. Suatu uji komersial, the Autoanalysis Colilert (AC) test, juga disebut media minimal ONPG-MUG (MMO-MUG), saat ini dikembangkan untuk menghitung coliform total dan *E. coli* secara simultan selama 24 jam, dalam sampel dari lingkungan.

AC Test dilakukan dengan menempatkan sampel dalam tabung yang berisi garam dan substrat enzim spesifik, juga menyediakan sumber karbon hanya untuk mikroorganisme target. Substrat enzim adalah ONPG untuk menentukan coliform total dan MUG khususnya untuk menentukan E. coli. Sesuai petunjuk pabrik pembuat ONPG dan MUG tersedia sebagai substrat enzim juga sebagai sumber makanan untuk mikroorganisme. Setelah inkubasi 24 jam, sampel positif untuk coliform total berubah menjadi kuning, sedangkan sampel posotif *E. coli* berfluoresensi pada panjang-gelombang UV dalam gelap. Escherichia lain tidak dapat dideteksi dengan uji Colilert. Hasil pengamatan sampel fekal manusia dan hewan menunjukkan bahwa 95% isolat E. coli positif-β-galaktosidase setelah inkubasi 24 jam.

## Daftar Pustaka

Alaerts, G. dan Santika, S. S. (1984). *Metoda Penelitian Air*. Surabaya:Usaha Nasional.

Allen, M. J., Copes, R., Hrudey, S. E., Payment, P. (2008). *Turbidity and Microbial Risk in Drinking Water*. British Columbia: The B.C. Ministerial Technical Advisory Committee.

APHA. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association.

Asian Development Bank. (2016). *Indonesia Country Water Assessment*. Philippines.

Asnawi, Isran. (2023). *Parameter Kualitas Air*. In: Saputra, H. M dkk. Analisis Kualitas Lingkungan. Padang: Get Press Indonesia, p. 101-121.

Handayani, Novi. (2010). Studi awal tentang sistem penyediaan air bersih di desa Karangduwur kecamatan Kalikajar kabupaten Wonosobo. Skripsi S-1. UNNES.

Komarulzaman, A., Smits, J., & de Jong, E. (2017). Clean water,sanitation and diarrhoea in Indonesia: Effects of household and community factors. Global Public Health, 12 (9), 1141-1155.

Mann, A. G., Tam, C. C., Higgins, C. D., Rodrigues, L. C. The association between drinking water turbidity and gastrointestinal illness: A systematic review. BMC Public Health, 7(256), 1-7.

Omer, N. H. (2019). *Water Quality Parameters*. In: Summers, J. K, editor. *Water Quality-Science, Assesments, and Policy-E-Book*. InTech Open.

Purwanto, E. W. (2020). Pembangunan Akses Air Bersih Pasca

Krisis Covid-19. Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning. 4(2). 207-2014

Salsabila, Anisa & Nugraheni, I L. (2020). *Pengantar Hidrologi*. Bandar Lampung: AURA.

Tchobanoglous G., Burton F. L., Stensel H. D. (2003). *Metcalf & Eddy Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4th ed. New Delhi: Tata McGraw-Hill Limited.

WHO & UNICEF. (2017). *Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2017 Update and SDG Baselines*. Geneva: World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF).

Srivastava, R. H. (2022). *The Health Care Professional's Guide to Cultural Competence-E-Book*. Elsevier Health Sciences.

## Tentang Penulis

Handarini, S.Pd.,M.Si. lahir di Tasikmalaya, 12 Januari 1985. Menyelesaikan pendidikan tinggi; Pendidikan Sarjana (S-1) pada Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Pendidikan Indonesia (2006) dan Pendidikan Magister (S-2) pada Program Studi Biologi di Universitas Indonesia (2009). Saat ini sedang tercatat sebagai dosen tetap pada Fakultas Kesehatan, Program Studi DIII Analis Kesehatan, Institut Kesehatan Rajawali, Bandung. Penulis telah beberapa artikel, yang diterbitkan pada jurnal nasional. Penulis dapat dihubungi melalui email: handa.rinie@gmail.com.

# .:: BAB 12 ::.

## BAKTERIOLOGI MAKANAN DAN MINUMAN

**Edy Kurniawan**
Politeknik Medica Farma Husada Mataram
*kurniawanedyrafly86@gmail.com*

### A. Kajian Teori tentang Makanan dan Minuman

Makanan dan minuman merupakan produk pangan yang dapat memberikan suplai energi bagi pertumbuhan dan perkembangan tubuh. Makanan dan minuman wajib memenuhi standar keamanan dan mutu pangan karena konsumen berhak atas kenyamanan, keamanan dan keselamatan dalam mengonsumsi produk pangan (Erhian, 2013).

Produk pangan merupakan kebutuhan pokok manusia yang membutuhkan pengelolaan dengan cara baik dan benar agar bermanfaat bagi tubuh. Komposisi bahan makanan yang terdiri atas protein, karbohidrat, lemak, vitamin, dan mineral merupakan medium yang baik bagi pertumbuhan berbagai macam mikroorganisme. Protein dapat dibusukkan oleh mikroorganisme, karbohidrat dapat difermentasi, dan lemak serta minyak dapat diurai sehingga menjadi beraroma tengik (Kuswiyanto, 2015). potensi pembusukan/perusakan makanan yang dilakukan oleh mikroorganisme sehingga diperlukan penanganan lebih serius untuk meminimalkan dampak yang ditimbulkan yaitu dengan memperhatikan sanitasi pengolahan pangan.

Sanitasi pangan merupakan serangkaian upaya yang dilakukan untuk menjaga kebersihan dan keamanan makanan agar tidak menimbulkan bahaya keracunan serta penyakit bawaan makanan pada manusia. Sanitasi makanan bertujuan antara lain:

a. Menjamin keamanan dan kebersihan makanan
b. Mencegah penularan penyakit melalui makanan
c. Mencegah terdistribusinya makanan yang merugikan masyarakat
d. Meminimalkan tingkat kerusakan makanan.

Mengantisipasi dampak yang ditimbulkan, maka Pemerintah membuat regulasi tentang produksi dan peredaran makanan di Indonesia dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 329/Menkes/XII/1976 yang menyebutkan bahwa makanan yang diproduksi dan diedarkan di wilayah Indonesia harus memenuhi syarat-syarat keselamatan, kesehatan, standar mutu atau persyaratan yang ditetapkan oleh menteri untuk tiap-tiap jenis makanan.

Regulasi yang ditetapkan harus dijadikan acuan untuk menghindari kasus penyakit bawaan makanan (*food borne desease*) karena dapat dipengaruhi berbagai faktor seperti kebiasaan mengolah, menyimpan, dan menyajikan makanan secara tidak higienis serta tidak memenuhi persyaratan sanitasi. Makanan yang dikonsumsi hendaknya memenuhi kriteria layak konsumsi dan tidak menimbulkan penyakit, seperti:

a. Derajat kematangannya baik dan sesuai yang dikehendaki
b. Bebas dari pencemaran pada tahap produksi dan penanganan lebih lanjut
c. Bebas dari perubahan fisik dan kimia akibat pengaruh enzim, aktivitas mikroba, hewan, parasit, dan lain-lain.

## B. Bakteri pada Makanan dan Minuman

Keberadaan bakteri dalam air minum ataupun produk minuman seperti susu merupakan suatu hal yang lumrah terjadi karena kandungan zat-zat organik maupun anorganik pada minuman menjadi habitat baik bagi kehidupan bakteri. Mikroorganisme yang selalu ada dalam susu adalah dari family Lactobacteriaceae (Atmodjo dkk, 2023).

Bakteri dapat mengubah kandungan zat organik pada makanan menjadi berkurang energinya, dan selama proses tersebut bakteri memperoleh energi yang diperlukannya (Dwidjoseputro, 2006). Metabolit yang dihasilkan oleh bakteri ada yang menguntungkan manusia seperti alkohol dan cuka, serta ada yang merugikan manusia seperti menghasilkan eksotoksin yang merugikan kesehatan manusia.

Berbagai bakteri yang terdapat dalam makanan penyebab penyakit diantaranya:

a. *Escherichia coli (E. coli).* Bakteri dengan morfologi sel berbentuk batang pendek *(cocobacil)* dengan ukuran sel 0,4 – 0,7 µm x 1,4 µm, Gram negatif, ada beberapa strain yang memiliki kapsul. Beberapa strain ada yang bersifat pathogen dan non pathogen, *E. coli* pathogen umumnya ditemukan di dalam usus besar manusia sebagai microflora normal serta berperan dalam proses pencernaan dan penghasil vitamin K dari materi yang belum dicerna di dalam kolon.
b. *Salmonella.* Bakteri yang terdapat pada makanan dalam jumlah banyak, tetapi tidak disertai dengan perubahan aroma, warna, dan rasa pada makanan. Jumlah *Salmonella* dalam makanan berbanding lurus dengan timbulnya kejadian infeksi pada individu yang mengonsumsi ma-

kanan tersebut. Telur dan hasil olahannya, ikan dan hasil olahannya, daging ayam, daging sapi, susu dan hasil olahannya, es krim, keju, merupakan jenis-jenis makanan yang sering terkontaminasi *Salmonella*. Mengkonsumsi makanan dan minuman yang telah terkontaminasi *Salmonella* dapat menyebabkan penyakit infeksi dengan gejala awal seperti nyeri kepala, muntah, gangguan pencernaan, demam tinggi disertai batuk kering.

c. *Vibrio parahaemoliticus.* Bakteri yang memiliki habitat di lingkungan lautan yang tenang dan berasosiasi dengan kejadian gastroenteritis akibat konsumsi makanan jenis kerang-kerangan yang tidak dimasak dengan benar. *V. parahaemoliticus* merupakan bakteri halofilik berbentuk koma/batang bengkok, Gram negatif, bergerak dengan flagel lofotrik, tidak berspora, respirasi aerob dan anaerob fakultatif, serta tidak memiliki enterotoksin.
d. *Staphylococcus.* Bakteri *Staphylococcus* merupakan mikroorganisme berbentuk bulat bergerombol Gram positif penyebab keracunan makanan yang banyak terjadi di negara maju seperti Amerika Serikat. Enterotoksin yang diproduksi oleh *Staphylococcus* penyebab utama gejala keracunan karena dapat menyebabkan gastroenteritis atau inflamasi pada usus. Spesies utama yang menyebabkan keracunan adalah *Staphylococcus aureus* dimana proses pembentukan enterotoksin dalam makanan dipengaruhi oleh fator-faktor seperti suhu, waktu, garam (NaCl), pH, nitrit, antibiotic, dan lain-lain. Jenis makanan yang dapat ditumbuhi *S.aureus* adalah daging dan ikan yang telah diolah, hasil olahan telur, susu, macaroni, keju, dan kaldu hasil olahan sayur. Keracunan *S. au-*

*reus* selalu berasal dari makanan yang dimasak, karena makanan yang telah dimasak/diolah jumlah mikroba lain telah berkurang sehingga pertumbuhan *S. aureus* dapat tumbuh dan berkembang dengan optimal.

e. *Clostridium perfringens.*Patogen invasive batang bersifat Gram positif, non motil, anaerob, dan memiliki spora. Sel vegetative tahan hingga suhu $60^{O}$C. Ciri utama keracunan makanan khas terjadi kram perut dan diare. Pengolahan makanan yang sering dipanaskan secara berulang-ulang tidak dapat menyingkirkan kontaminasi bakteri *C. perfringens* dari makanan karena memiliki spora yang tahan panas. Sel vegetative pada suhu yang sesuai dapat menghasilkan enterotoksin, dalam rongga usus toksin dapat menyebabkan keracunan yang muncul dalam waktu 8-24 jam setelah mengonsumsi makanan yang terkontaminasi oleh *Clostridium perfringens*.

f. *Clostridium botulinum.* Penyebab botulisme yang merupakan keracunan makanan parah sering berakibat fatal setelah mengonsumsi makanan mengandung eksotoksin yang dihasilkan oleh bakteri anaerob batang Gram positif (*C. botulinum*). Bakteri ini normalnya hidup di tanah atau air tetapi jika mencemari makanan, akan menghasilkan toksin yang bersifat neurotoksin menyebabkan paralisis berdampak pada terganggunya fungsi saraf autonomy sehingga penderita akan kesulitan bernafas dan detak jantung yang cepat, bahkan tidak sadarkan diri.

## C. Perusakan Makanan oleh Bakteri

Makanan umumnya merupakan medium pertumbuhan yang sesuai untuk bakteri, oleh karena itu pertumbuhan bakteri dalam mencemari makanan dan minuman biasanya mengurangi kualitas dan nilai makanan tersebut.

Perusakan makanan oleh bakteri menyebabkan perubahan pada tampilan, aroma, dan rasa produk makanan yang menyebabkan makanan tidak diterima oleh konsumen. Perubahan yang disebabkan oleh bakteri pada makanan termasuk minuman (susu) tidak terbatas hanya pada hasil penguraiannya saja, tetapi hasil sintesis dan produk hasil sintesis seperti hasil penguraian membentuk pigmen yang mengubah warna makanan/minuman, sintesis polisakarida menghasilkan lendir pada makanan/minuman.

Perusakan makanan oleh bakteri terdiri atas perusakan makanan segar dan makanan kalengan. Perusakan makanan oleh bakteri pada makanan segar dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perusakan makanan segar oleh bakteri yang patogen pada manusia

| **Produk Makanan** | **Genus bakteri penyebab** |
|---|---|
| Buah dan sayuran | Pseudomonas, Corynebacterium |
| Daging segar, daging unggas, dan makanan laut | Pseudomonas, Proteus, Salmonella, Escherichia, Campylobacter, Listeria |
| Susu | Streptococcus, Pseudomonas, Proteus |
| Makanan tinggi gula | Clostridium, Bacillus |

Perusakan makanan kalengan oleh bakteri umumnya melibatkan kelompok bakteri berspora yaitu Clostridium dan Bacillus. Terdapat tiga jenis kerusakan yang paling peting di dalam industri pengalengan makanan, yaitu:

a. Kerusakan Anaerob Termofilik (AT)

Jenis kerusakan yang disebabkan oleh bakteri anaerob termofilik seperti Clostridium. Bakteri ini memfermentasi gula pada makanan untuk diubah menjadi asamdan gas, setekah beberapa waktu gas tersebut mengakibatkan wadah kaleng menjadi bengkak/mengembang di kedua ujungnya.

b. Kerusakan Asam Datar

Jenis kerusakan yang disebabkan oleh bakteri Bacillus karena pembentukan asam hasil penguraian makanan oleh bakteri tersebut. Tampilan luar kaleng masih normal, dan ujung kaleng masih datar.

c. Kerusakan Sulfida

Jenis kerusakan yang disebabkan oleh kelompok Clostridium terutama pada bahan makanan kadar asam rendah. Hidrogen sulfida dihasilkan selama proses pertumbuhan dan metabolism bakteri ini. Termofil obligat merupakan sifat pertumbuhan bakteri tersebut, jika makanan yang diolah dengan pemanasan tidak segera didinginkan maka bakteri termofil akan tumbuh sehingga aroma gas akan tercium setelah membuka kaleng makanan yang rusak.

Bagian ini berisi subbab tulisan. Silahkan tuliskan langsung materis di sini tanpa mengubah ukuran kertas. Karena ukuran ini sudah sesuai dengan standar nasional perbukuan.

## D. Penyakit Bawaan Makanan (*Food Borne Desease*)

Suatu gejala penyakit yang timbul akibat mengonsumsi makanan yang mengandung mikroorganisme atau toksinnya. Penyebab utama penyakit bawaan makanan adalah cemaran ku-

man yang mengancam kesehatan. Penyakit bawaan makan terdiri atas:

1. Penyakit akibat migrasi kumat penyebab penyakit
2. Keracunan makanan oleh selain mikroorganisme
3. Keracunan makanan dan infeksi makanan oleh bakteri.

Faktor-faktor penyebab penyakit bawaan makanan, yaitu:

1. Proses kontaminasi makanan oleh bakteri dapat terjadi secara: kontaminasi silang, kontaminasi peralatan tidak higien, kontaminasi melalui serangga, kontaminasi melalui penjamah makanan.
2. Penyakit bawaan makanan dapat terjadi karena factor proses pemasakan yang tidak sesuai, beberapa bakteri dapat bertahan hidup dalam makanan karena adanya spora yang melindungi bakteri dari kondisi lingkungan yang ekstrim. Spora juga melindungi bakteri dari sel fagosit tubuh manusia.

## E. Penanganan Sampel untuk Uji Laboratorium

Teknik sampling menjadi faktor penting sebagai penentu keakuratan hasil uji laboratorium, oleh karena itu kompetensi petugas sampling dan tenaga penguji laboratorium sangat diprioritaskan untuk memperoleh hasil diagnosis yang tepat. Hal ini karena karakteristik sampel mikrobiologi rentan terhadap perubahan lingkungan dan kontaminasi.

Petugas sampling harus memperhatikan dan menerapkan kondisi aseptis saat mengambil sampel yaitu terlindungi dari kontaminasi mikroba selain dari sampel tersebut. Beberapa hal penyebab kontaminasi saat pengambilan sampel diantaranya:

a. Perlatan yang tidak steril
b. Kontaminasi udara

c. Kesalahan analisis
d. Kesalahan prosedur (SOP)

Teknik sampling terdiri atas dua teknik utama yaitu:

1. Teknik Inokulasi

   Teknik ini digunakan untuk memindahkan kultur bakteri dari satu media ke media lainnya, pada teknik inokulasi jumlah bakteri sangat banyak sehingga tidak bisa dilakukan penghitungan, tetapi tujuan utama teknik ini adalah:

   a. Isolasi, teknik inokulasi yang sering digunakan untuk metode ini adalah teknik gores/*streak plate* dengan menggoreskan biakan ke cawan petri secara sinambung agar memperoleh koloni yang terpisah antara satu dengan lainnya.
   b. Pemurnian Kultur *(Pure Culture)*, cara pemurnian kultur dilakukan dengan menyeleksi dan kemudian mengisolasi bakteri yang akan dimurnikan berulang kali memnggunakan media berbeda sehingga diperoleh kultur yang telah murni tanpa ada campuran dengan bakteri lain.
   c. Seleksi, dilakukan dengan cara inokulasi bakteri pada media selektif dengan tujuan agar bakteri yang tumbuh sesuai dengan bakteri tersangka/target sehingga diperoleh bakteri sesuai dengan yang diharapkan. Contoh media SSA untuk Salmonella, TCBS untuk Vibrio, MCA untuk Escherichia coli, MSA untuk Staphylococcus, CAP untuk Clostridium.
   d. Perbanyakan, yaitu memperbanyak jumlah bakteri yang dimiliki dengan cara menanam bakteri ke media baru sehingga dapat memperbanyak jumlah stok bakteri yang ada.

2. Teknik Pipetting

   Teknik yang dilakukan untuk memindahkan biakan menggunakan pipet mikro dengan keunggulan analisis sampel dengan kondisi standar dan dapat menghitung jumlah bakteri yang dipindahkan. Teknik pipetting biasa digunakan untuk metode TPC dan MPN.

## Daftar Pustaka

Atmodjo, Yasin, Erwin, Hidayat, Sari, Tuba. (2023). *Dasar-Dasar Mikrobiologi.* Makassar: PT. Masagena Mandiri Medica.

Dwidjoseputro, D. (2006). *Dasar-Dasar Mikrobiologi.* Jakarta: Djambatan.

Erhian. (2013). *Perlindungan Konsumen Terhadap Produk Makanan Dan Minuman Kadaluarsa (Studi Kasus BPOM).Dissertation.* Palu: Universitas Tadulako.

Irianto, A. (2004). *Mikrobiologi Lingkungan.* Jakarta: Pusat Penerbitan Universitas Terbuka.

Kuswiyanto. (2015). *Bakteriologi 1: Buku Ajar Analis Kesehatan.* Jakarta: EGC.

Madigan, Martinko, & Parker. (2003). *Brock Biology of Microorganism.* New Jersey: Pearson Education, Inc.

Marlinae, Khairiyati, Waskito, & Rahmat. (2021). *Buku Ajar Higiene Makanan dan Minuman.* Yogyakarta: CV Mine.

Nikmah, M. (2016). Pemeriksaan mikrobiologi sampel makanan di rsud Dr. Soetomo Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 283-290.

Nurcahyo, E. (2018). Pengaturan dan pengawasan produk pangan olahan kemasan. *Jurnal Magister Hukum Udayana (Udayana Master Law Journal)*, 402-417.

Tortora, G., Funke, B., & Case, C. (2007). *Microbiology an Introduction 9th ed.* Toronto: Pearson Benjamin Cummings.

## Tentang Penulis

**Edy Kurniawan, S.Si.**, M.Pd, lahir di Lenangguar, Kab Sumbawa, NTB 23 Juli 1986. Memiliki moto hidup "Kesederhanaan bukanlah kemiskinan, melainkan azas pendidikan" telah menyelesaikan Jenjang Pendidikan S1 yang ditempuh pada Program Studi Biologi FMIPA Universitas Mataram, Kota Mataram dan lulus tahun 2009. Pendidikan S2 ditempuh pada Program Studi Magister Pendidikan IPA dengan konsentrasi Biologi, dan lulus tahun 2019 di Universitas Mataram. Saat ini mengabdi sebagai Dosen Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis pada Politeknik Medica Farma Husada Mataram, dan aktif melakukan riset, pengabdian masyarakat serta publikasi dalam bidang Mikrobiologi dan biologi molekuler.

Email aktif: kurniawanedyrafly86@gmail.com
HP/WA: 081353347300

PENGANTAR BAKTERIOLOGI

Bakteriologi adalah ilmu yang mempelajari tentang sejarah, seluk beluk, tinjauan klinis/patologis, epidemiologi, dan teknik diagnosis bakteri dari segala aspek, baik klinis, standar laboratorium, maupun teknik biakan. Teori bakteriologi dalam telaah transfer of knowledge disusun berdasarkan tingkatan pemahaman yang dimulai dari kajian teori yang memperdalam pemahaman pada tingkatan psikomotorik, keterampilan menganalisis, dan keterampilan menghubungkan konsep-konsep bakteriologi. Berdasarkan pendekatan tersebut, penting bagi kita memiliki paket-paket buku ajar yang telah dikaji dan diuji tingkat pendalamannya.

**CV. KARSA CENDEKIA**
Perumahan Griya Rumah Emas P 24
Jalan Poros Paccellekang, Gowa-Makassar
Sulawesi Selatan, 90562 Indonesia
Telp. 0411-210685, HP/WA 08999991135
Email: cvkarsacendekia@gmail.com

ISBN 978-623-09-8547-8
9 786230 985478