



**MODUL BIOMEDIK 1
(KES 504)**

**MODUL SESI KE-6
NUTRISI DAN PERTUMBUHAN MIKROBA**

DISUSUN OLEH

Dr. Henny Saraswati, S.Si, M.Biomed

Universitas
Esa Unggul

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2021

NUTRISI DAN PERTUMBUHAN MIKROBA

A. Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan mahasiswa mampu :

1. Menjelaskan jenis-jenis nutrisi yang diperlukan mikroba.
2. Menjelaskan jenis-jenis media pertumbuhan mikroba.

B. Uraian dan Contoh

Seperti halnya makhluk hidup yang lain, mikroba juga memerlukan nutrisi untuk pertumbuhannya, sehingga mikroba dapat memperbanyak diri. Nutrisi untuk mikroba dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu **makronutrisi** dan **mikronutrisi**.

Makronutrisi atau *makronutrient* adalah nutrisi-nutrisi yang diperlukan mikroba dalam jumlah besar. Beberapa komponen nutrisi yang masuk ke dalam kelompok ini adalah **Karbon (C), Oksigen (O), Hidrogen (H), Nitrogen (N), Sulfur (S), Fosfat (P), Potasium (K⁺), Kalsium (Ca²⁺), Magnesium (Mg²⁺) dan Besi (Fe²⁺ dan Fe³⁺)**. Telah kita bahas sebelumnya bahwa unsur C, H, O, N, S dan P merupakan unsur-unsur yang menyusun molekul-molekul kehidupan, yaitu karbohidrat, lipid, protein dan asam nukleat.

Sebaliknya, mikronutrisi atau micronutrient dibutuhkan oleh mikroba dalam jumlah yang kecil atau sedikit. Unsur-unsir nutrisi yang termasuk dalam mikronutrisi antara lain **mangan, seng, kobalt, molibdenum, nikel dan tembaga**. Mikronutrisi ini ada di dalam enzim dan berperan sebagai katalisator reaksi serta membantu mempertahankan struktur protein sebagai penyusun enzim.

Kedua jenis nutrisi ini harus tersedia untuk pertumbuhan mikroba. Ketiadaan makronutrisi di lingkungan dapat menghambat pertumbuhan sehingga mikroba tidak dapat melakukan perkembangbiakannya secara optimal. Namun, begitu sumber-sumber nutrisi di alam atau lingkungan sangatlah melimpah sehingga mikroba dapat tumbuh. Mikroba terutama bakteri bukan hanya dapat hidup pada lingkungan yang subur, tetapi bisa juga di lingkungan kawah gunung

berapi dan tempat pengolahan limbah. Juga dapat hidup di perairan yang memiliki kondisi lingkungan sangat berbeda dengan di daratan.

Pembagian Mikroba Berdasarkan Sumber Nutrisi

Unsur karbon, sumber energi serta elektron dibutuhkan oleh mikroba untuk dapat bertumbuh. Elektron dibutuhkan dalam proses kimia di dalam tubuh mikroba seperti dalam pembentukan ATP melalui respirasi aerob dan anaerob.

Berdasarkan sumber karbonnya, maka mikroba dapat dibedakan menjadi mikroba **autotrof** dan **heterotrof**.

| Autotrof | Heterotrof |
|---|--|
| Mikroba yang menggunakan sumber karbon dari CO₂ . | Mikroba yang menggunakan sumber karbon dari organisme lain (sumber organik) . |

Sedangkan berdasarkan sumber energinya, mikroba sendiri dapat dibedakan menjadi **fototrof** dan **kemotrof**. Sumber energi ini akan diolah dalam proses respirasi mikroba menjadi energi.

| Fototrof | Kemotrof |
|---|--|
| Mikroba yang menggunakan cahaya sebagai sumber energi. | Mikroba yang menggunakan senyawa inorganik (seperti mineral) dan senyawa organik (berasal dari organisme lain) sebagai sumber energi. |

Elektron yang diperlukan dalam proses kimia dalam tubuh, dapat diperoleh oleh mikroba dari beberapa sumber. Sehingga, mikroba dapat dibedakan menjadi **litotrof** dan **organotrof** berdasarkan sumber elektron yang didapatkannya.

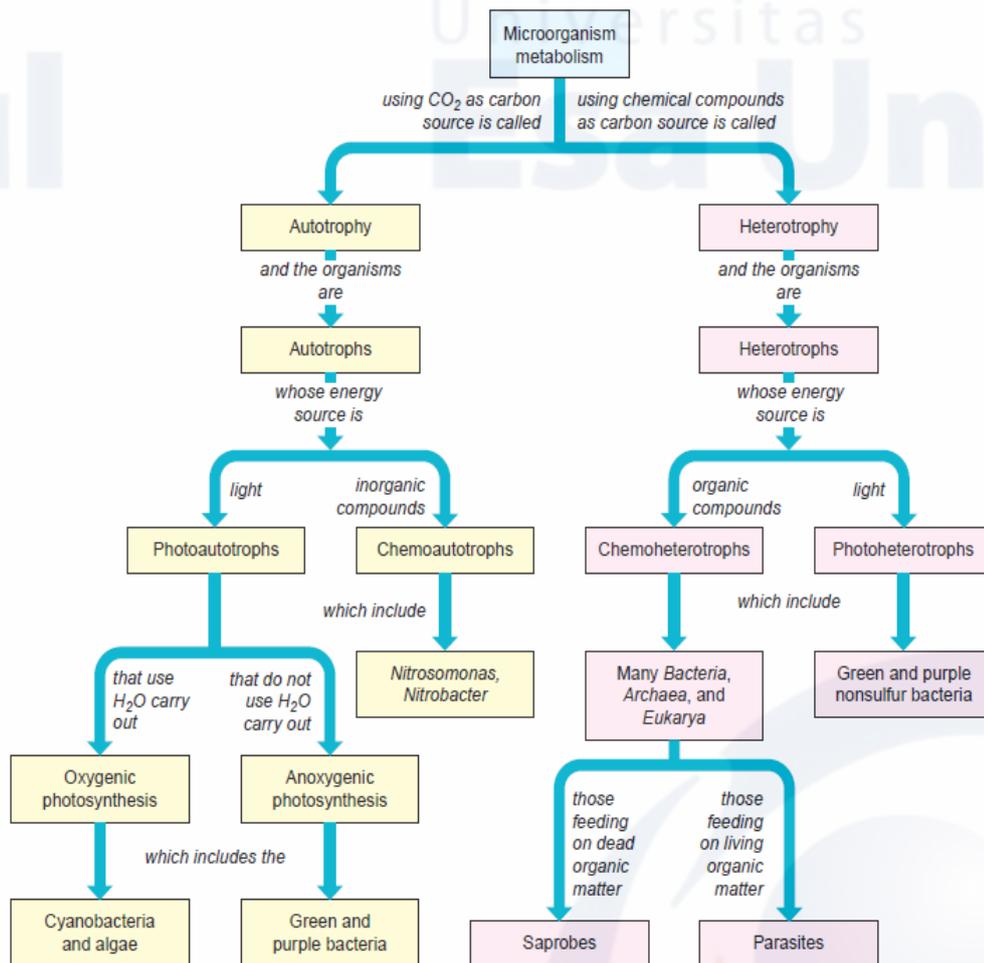
| Litotrof | Organotrof |
|--|--|
| Mikroba yang menggunakan senyawa inorganik (mineral) sebagai sumber elektron. | Mikroba yang menggunakan molekul-molekul organik sebagai sumber elektron. |

Pada penyebutan istilah dalam pembagian mikroba ini kita dapati bahwa ada mikroba yang menggunakan cahaya sebagai sumber energi dan menggunakan CO₂ sebagai sumber karbon. Sehingga, mikroba ini disebut dengan mikroba

fotoautotrof. Nah, dapatkah kalian menebak sumber-sumber nutrisi dari mikroba-mikroba berikut?

- Mikroba kemoheterotrof?
- Mikroba fotoheterotrof?
- Mikroba kemoautotrof?

Berikut adalah penggambaran dari pembagian mikroba berdasarkan sumber-sumber nutrisinya.



Gambar 1. Pembagian mikroba berdasarkan sumber-sumber nutrisi.

Selain nutrisi-nutrisi tersebut di atas, mikroba juga membutuhkan *growth factor*. Unsur *growth factor* ini adalah senyawa organik yang dibutuhkan untuk membentuk sel atau kofaktor pembentuk sel. Contoh *growth factor* ini adalah vitamin, asam-asam amino, purin dan pirimidin. Asam-asam amino diperlukan

dalam pembentukan protein sedangkan purin dan pirimidin diperlukan untuk pembentukan asam nukleat (nukleotida). Vitamin sendiri dapat menjadi koenzim dan membantu proses katalis suatu reaksi kimia dalam tubuh mikroba. Beberapa vitamin yang dibutuhkan mikroba antara lain **B₁**, **B₂**, **B₆**, **B₁₂**, **biotin** dan lain-lain. Berikut adalah tabel berisi beberapa vitamin yang diperlukan dalam pertumbuhan bakteri.

| Vitamin | Functions | Examples of Microorganisms Requiring Vitamin ^a |
|-----------------------------------|--|---|
| Biotin | Carboxylation (CO ₂ fixation) One-carbon metabolism | <i>Leuconostoc mesenteroides</i> (B) <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (F) <i>Ochromonas malhamensis</i> (P) <i>Acanthamoeba castellanii</i> (P) |
| Cyanocobalamin (B ₁₂) | Molecular rearrangements One-carbon metabolism—carries methyl groups | <i>Lactobacillus</i> spp. (B) <i>Euglena gracilis</i> (P) Diatoms (P) <i>Acanthamoeba castellanii</i> (P) |
| Folic acid | One-carbon metabolism | <i>Enterococcus faecalis</i> (B) <i>Tetrahymena pyriformis</i> (P) |
| Lipoic acid | Transfer of acyl groups | <i>Lactobacillus casei</i> (B) <i>Tetrahymena</i> spp. (P) |
| Pantothenic acid | Precursor of coenzyme A—carries acyl groups (pyruvate oxidation, fatty acid metabolism) | <i>Proteus morgani</i> (B) <i>Hanseniaspora</i> spp. (F) <i>Paramecium</i> spp. (P) |
| Pyridoxine (B ₆) | Amino acid metabolism (e.g., transamination) | <i>Lactobacillus</i> spp. (B) <i>Tetrahymena pyriformis</i> (P) |
| Niacin (nicotinic acid) | Precursor of NAD and NADP—carry electrons and hydrogen atoms | <i>Brucella abortus</i> , <i>Haemophilus influenzae</i> (B) <i>Blastocladia pringsheimii</i> (F) <i>Crithidia fasciculata</i> (P) |
| Riboflavin (B ₂) | Precursor of FAD and FMN—carry electrons or hydrogen atoms | <i>Caulobacter vibrioides</i> (B) <i>Dictyostelium</i> spp. (P) <i>Tetrahymena pyriformis</i> (P) |
| Thiamine (B ₁) | Aldehyde group transfer (pyruvate decarboxylation, α-keto acid oxidation) | <i>Bacillus anthracis</i> (B) <i>Phycomyces blakesleeanae</i> (F) <i>Ochromonas malhamensis</i> (P) <i>Colpidium campylum</i> (P) |

^a The representative microorganisms are members of the following groups: *Bacteria* (B), *Fungi* (F), and protists (P).

(Willey et al, 2008).

Meskipun demikian terdapat juga beberapa mikroba yang dapat menghasilkan vitamin, antara lain :

- Riboflavin dapat dihasilkan oleh *Candida*, *Clostridium*.
- Vitamin B12 dapat dihasilkan oleh *Streptomyces*.
- Vitamin C dapat dihasilkan oleh *Corynebacterium*.

Pertumbuhan Mikroba di Laboratorium

Kita telah mengetahui beberapa unsur yang berperan sebagai nutrisi bagi mikroba. Sehingga mikroba ini dapat kita tumbuhkan secara sengaja pada media tanam (media kultur) dengan menambahkan nutrisi yang diperlukan oleh mikroba. Penanaman mikroba secara disengaja ini dapat dilakukan di laboratorium. Biasanya, hal ini dilakukan untuk berbagai tujuan seperti diagnosis penyakit dan juga untuk kepentingan riset dan Pendidikan.

Ketika kita membahas mengenai menumbuhkan mikroba di laboratorium, maka yang kita banyak bahas adalah menanam bakteri di laboratorium. Karena bakteri ini lebih mudah ditumbuhkan dan diamati.

Saat kita menumbuhkan bakteri di laboratorium, yang pertama kali kita harus persiapkan adalah media kultur yang akan digunakan. Dalam Bahasa Inggris, media tana mini disebut dengan *culture media*. Nutrisi yang diperlukan oleh mikroba harus ada dalam media tanam tersebut. Selain itu, bisa ditambahkan agar untuk memadatkan media serta pewarna atau tambahan indikator lain yang dapat membantu pengamatan terhadap bakteri yang tumbuh. Media kultur ini dapat dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan kriteria tertentu :

| Jenis Media | |
|-------------------------------|---|
| Berdasarkan Bentuk Zatnya | <ul style="list-style-type: none">• Cair• Padat |
| Berdasarkan Komposisi Nutrisi | <ul style="list-style-type: none">✓ Sintetik (defined)✓ Komplek |
| Berdasarkan Fungsinya | <ul style="list-style-type: none">• Suportif• Selektif• Diperkaya• Diferensial |

Media cair, sesuai namanya berbentuk cair. Media ini biasanya digunakan untuk perbanyakan bakteri dan juga untuk menguji kemampuan fermentasi suatu bakteri. Juga dapat digunakan di industri untuk menumbuhkan bakteri fermentasi. Contoh media cair adalah *nutrient broth*.

Sedangkan **media padat**, merupakan media cair yang mendapatkan penambahan agar, sehingga menjadi berbentuk padat. Media ini dapat digunakan untuk isolasi bakteri tertentu, artinya untuk menumbuhkan bakteri tertentu. Selain

itu media jenis ini dapat digunakan untuk identifikasi bakteri tertentu, seperti identifikasi bakteri anaerob atau identifikasi bakteri dengan melihat bentuk koloni tertentu. Media padat ini bisa dalam bentuk agar miring, tegak maupun plat agar. Hal ini disesuaikan dengan tujuan perbanyakannya. Contoh media jenis ini adalah nutrient agar.



Gambar 2. Bentuk media cair.



Gambar 3. Bentuk media padat, bisa berupa agar miring (kiri atas), agar tegak (kanan atas) atau plat agar (bawah).

Kemudian media kultur bakteri juga dapat dibedakan berdasarkan komposisi nutrisinya. Pertama adalah **media sintetik** dan yang kedua adalah **media**

komplek. Media sintetik merupakan media dengan komposisi nutrisinya yang telah diketahui. Media jenis ini dapat berbentuk cair atau padat dan fungsinya dapat digunakan untuk isolasi bakteri tertentu.



Gambar 4. Berbagai medium sintetik tersedia untuk dapat digunakan dalam menumbuhkan bakteri tertentu.

Tabel di bawah ini merupakan contoh media sintetik untuk *Escherichia coli* dan *Cyanobacteria*.

| Table 5.5 Examples of Defined Media | |
|---|-------------------------|
| BG-11 Medium for Cyanobacteria | Amount (g/liter) |
| NaNO ₃ | 1.5 |
| K ₂ HPO ₄ · 3H ₂ O | 0.04 |
| MgSO ₄ · 7H ₂ O | 0.075 |
| CaCl ₂ · 2H ₂ O | 0.036 |
| Citric acid | 0.006 |
| Ferric ammonium citrate | 0.006 |
| EDTA (Na ₂ Mg salt) | 0.001 |
| Na ₂ CO ₃ | 0.02 |
| Trace metal solution ^a | 1.0 ml/liter |
| Final pH 7.4 | |
| Medium for <i>Escherichia coli</i> | Amount (g/liter) |
| Glucose | 1.0 |
| Na ₂ HPO ₄ | 16.4 |
| KH ₂ PO ₄ | 1.5 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 2.0 |
| MgSO ₄ · 7H ₂ O | 200.0 mg |
| CaCl ₂ | 10.0 mg |
| FeSO ₄ · 7H ₂ O | 0.5 mg |
| Final pH 6.8–7.0 | |

Sources: Data from Rippka, et al. *Journal of General Microbiology*, 111:1-61, 1979; and S. S. Cohen, and R. Arboogast, *Journal of Experimental Medicine*, 91:619, 1950.
^aThe trace metal solution contains H₃BO₃, MnCl₂ · 4H₂O, ZnSO₄ · 7H₂O, Na₂Mo₄ · 2H₂O, CuSO₄ · 5H₂O, and Co(NO₂)₂ · 6H₂O.

(Willey et al, 2008).

Berkebalikan dengan media sintetik, maka **media kompleks** merupakan media dengan komposisi bahan kimia yang belum diketahui. Media jenis ini dapat digunakan untuk isolasi bakteri tertentu, dan bisa berbentuk padat atau cair. Contoh media jenis ini adalah *tryptic soy broth*. Berikut adalah contoh-contoh media kompleks.

| Table 5.6 Some Common Complex Media | |
|--|------------------|
| Nutrient Broth | Amount (g/liter) |
| Peptone (gelatin hydrolysate) | 5 |
| Beef extract | 3 |
| Tryptic Soy Broth | |
| Tryptone (pancreatic digest of casein) | 17 |
| Peptone (soybean digest) | 3 |
| Glucose | 2.5 |
| Sodium chloride | 5 |
| Dipotassium phosphate | 2.5 |
| MacConkey Agar | |
| Pancreatic digest of gelatin | 17.0 |
| Pancreatic digest of casein | 1.5 |
| Peptic digest of animal tissue | 1.5 |
| Lactose | 10.0 |
| Bile salts | 1.5 |
| Sodium chloride | 5.0 |
| Neutral red | 0.03 |
| Crystal violet | 0.001 |
| Agar | 13.5 |

(Willey et al, 2008).

Jika kita perhatikan pada tabel di atas, komposisi bahan kimia dalam medium kompleks memang tidak sedetil pada medium sintetik. Pada medium kompleks hanya disebutkan jenis nutrisinya saja seperti nutrisi dari empedu, tripton dan lain-lain.

Kemudian media kultur bakteri juga dapat dibedakan berdasarkan fungsinya, seperti :

- a. Media suportif.
- b. Media diperkaya (*enriched medium*).
- c. Medium selektif.
- d. Medium diferensial.

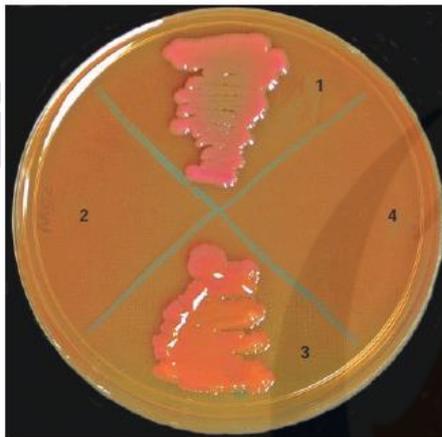
Media suportif adalah media yang digunakan untuk menyokong pertumbuhan bakteri. Media ini bisa berbentuk cair dan padat. Contohnya adalah media nutrient agar.

Sedangkan **media diperkaya** (*enriched medium*) adalah medium pertumbuhan yang ditambahkan dengan bahan-bahan nutrisi khusus (mis.darah). Media ini dapat digunakan untuk menumbuhkan bakteri yang susah ditumbuhkan pada media lain (*fastidious bacteria*). Media ini umumnya dalam bentuk padat. Contohnya media agar darah dan agar coklat.



Gambar 5. Media agar darah (gambar kiri) dan agar coklat (gambar kanan).

Kemudian ada pula **media selektif** yang dapat digunakan untuk menumbuhkan mikroba tertentu. Oleh karena itu di dalam media ini dapat ditambahkan garam atau pewarna tertentu. Bentuk media ini adalah medium padat, contohnya endo agar.



Gambar 6. *Escherichia coli* dapat tumbuh dalam media selektif, sedangkan bakteri lain tidak tumbuh.

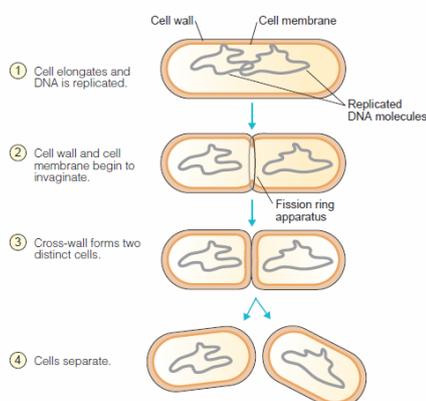
Media diferensial dapat digunakan untuk spesies mikroba tertentu dengan cara menambahkan bahan tertentu dalam media. Spesies yang dapat dibedakan dengan media ini adalah yang kekerabatannya dekat tetapi dapat berbeda berdasarkan sifat biokimia dan fisiologis. Bentuk media ini adalah media padat.



Gambar 7. Media diferensial dapat digunakan untuk membedakan *Enterobacter aerogens* (berwarna merah muda) dan *Escherichia coli* (berwarna hijau mengkilat).

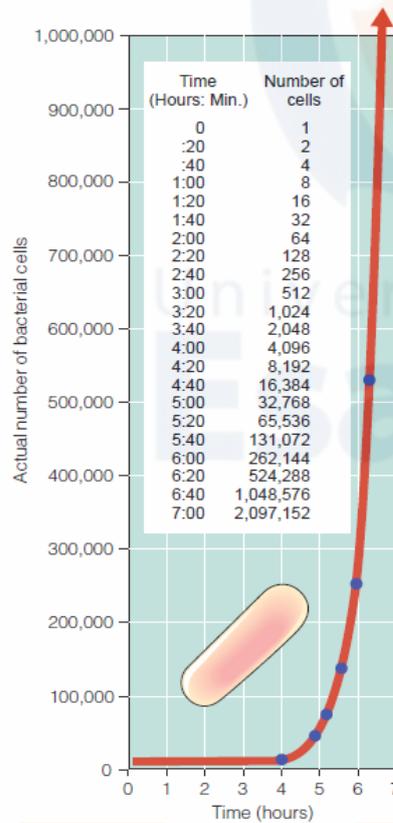
Pertumbuhan Mikroba

Jika kita menyebut pertumbuhan mikroba, maka hal ini berarti mikroba bertambah besar dan bertambah banyak. Pembelahan mikroba terutama bakteri terjadi melalui proses pembelahan sel. Sedangkan virus memperbanyak diri ketika menginfeksi sel hidup dan melakukan sintesis protein dan genom yang digunakan untuk membentuk virus baru. Sedangkan fungi juga dapat memperbanyak diri melalui spora.



Gambar 8. Proses pembelahan sel dalam pertumbuhan mikroba.

Dalam beberapa menit hingga jam bakteri sangat cepat dalam membelah diri. Gambar di bawah menggambarkan betapa banyaknya jumlah bakteri yang terbentuk setelah beberapa waktu.



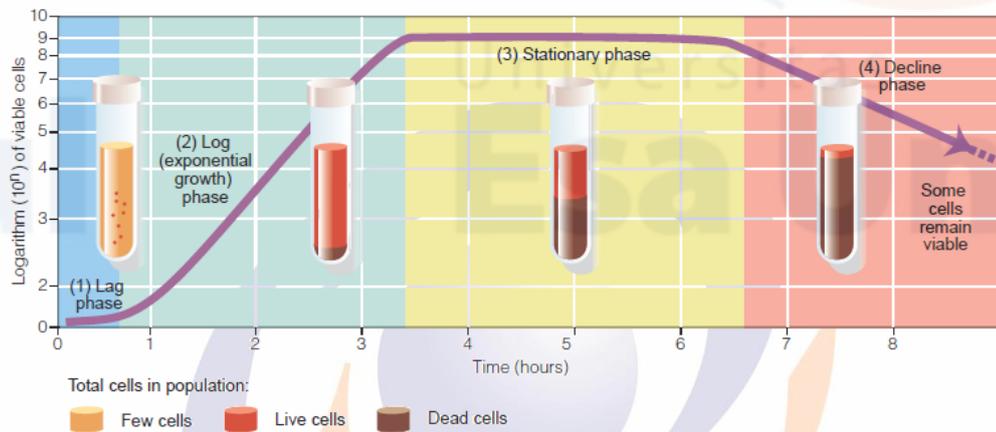
Gambar 9. Jumlah bakteri yang berlipat-lipat karena proses pembelahan sel setelah beberapa waktu.

Mikroba terutama bakteri dapat diamati pertumbuhannya. Proses pertumbuhan mikroba ini bisa terdiri dari beberapa tahap, yaitu :

1. Fase lag.
2. Fase log.
3. Fase stasioner.
4. Fase kematian.

Fase lag adalah fase dimana bakteri beradaptasi dengan lingkungan. Dimana pada fase ini terjadi persiapan untuk pembelahan sel, seperti perbesaran sel, penyimpanan energi dan adanya sintesis enzim. Sedangkan pada **fase log** terjadi pembelahan sel yang sangat banyak sehingga jumlah bakteri berlipat-lipat

banyaknya. Sel bakteri sangat aktif dalam melakukan pembelahan diri. Setelah itu, bakteri masuk ke **fase stasioner** dimana pada fase ini sel yang membelah sama banyaknya dengan sel yang mati. Sehingga jumlah sel bakteri relatif sama dari waktu ke waktu, tidak ada peningkatan. Bakteri kemudian masuk ke **fase kematian**, dimana banyak bakteri yang mengalami kematian dibandingkan dengan pembentukan mikroba baru. Hal ini terjadi jika nutrisi semakin terbatas.



Gambar 10. Kurva pertumbuhan bakteri.

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba antara lain :

1. Ketersediaan air dan zat terlarut
2. Tingkat keasaman (pH)
3. Suhu
4. Konsentrasi oksigen
5. Tekanan hidrostatis

Terdapat beberapa mikroba yang dapat beradaptasi dengan lingkungan yang ekstrem, seperti pada lingkungan dengan pH rendah (asam) atau tinggi (basa). Pada temperatur rendah dan tinggi. Tabel ini menggambarkan beberapa bakteri yang dapat hidup atau beradaptasi pada lingkungan tertentu.

| Table 6.3 Microbial Responses to Environmental Factors | | |
|--|---|---|
| Descriptive Term | Definition | Representative Microorganisms |
| Solute and Water Activity | | |
| Osmotolerant | Able to grow over wide ranges of water activity or osmotic concentration | <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Saccharomyces rouxii</i> |
| Halophile | Requires high levels of sodium chloride, usually above about 0.2 M, to grow | <i>Halobacterium</i> , <i>Dunaliella</i> , <i>Ectothiorhodospira</i> |
| pH | | |
| Acidophile | Growth optimum between pH 0 and 5.5 | <i>Sulfolobus</i> , <i>Picrophilus</i> , <i>Ferroplasma</i> , <i>Acontium</i> , <i>Cyanidium caldarium</i> |
| Neutrophile | Growth optimum between pH 5.5 and 8.0 | <i>Escherichia</i> , <i>Euglena</i> , <i>Paramecium</i> |
| Alkalophile | Growth optimum between pH 8.0 and 11.5 | <i>Bacillus alcalophilus</i> , <i>Natronobacterium</i> |
| Temperature | | |
| Psychrophile | Grows well at 0°C and has an optimum growth temperature of 15°C or lower | <i>Bacillus psychrophilus</i> , <i>Chlamydomonas nivalis</i> |
| Psychrotroph | Can grow at 0–7°C; has an optimum between 20 and 30°C and a maximum around 35°C | <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> |
| Mesophile | Has growth optimum around 20–45°C | <i>Escherichia coli</i> , <i>Neisseria gonorrhoeae</i> , <i>Trichomonas vaginalis</i> |
| Thermophile | Can grow at 55°C or higher; optimum often between 55 and 65°C | <i>Geobacillus stearothermophilus</i> , <i>Thermus aquaticus</i> , <i>Cyanidium caldarium</i> , <i>Chaetomium thermophile</i> |
| Hyperthermophile | Has an optimum between 80 and about 113°C | <i>Sulfolobus</i> , <i>Pyrococcus</i> , <i>Pyrodictium</i> |
| Oxygen Concentration | | |
| Obligate aerobe | Completely dependent on atmospheric O ₂ for growth | <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Mycobacterium</i> ; most protists and fungi |
| Facultative anaerobe | Does not require O ₂ for growth, but grows better in its presence | <i>Escherichia</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> |
| Aerotolerant anaerobe | Grows equally well in presence or absence of O ₂ | <i>Streptococcus pyogenes</i> |
| Obligate anaerobe | Does not tolerate O ₂ and dies in its presence | <i>Clostridium</i> , <i>Bacteroides</i> , <i>Methanobacterium</i> , <i>Trepomonas agilis</i> |
| Microaerophile | Requires O ₂ levels below 2–10% for growth and is damaged by atmospheric O ₂ levels (20%) | <i>Campylobacter</i> , <i>Spirillum volutans</i> , <i>Treponema pallidum</i> |
| Pressure | | |
| Barophilic | Growth more rapid at high hydrostatic pressures | <i>Photobacterium profundum</i> , <i>Shewanella benthica</i> , <i>Methanocaldococcus jannaschii</i> |

(Willey et al, 2008).

C. Latihan

- Mikroba heterotrof adalah
- Media yang dapat digunakan untuk membedakan mikroba berdasarkan sifat biokimia dan fisiologis disebut...
- Fase dimana bakteri sangat aktif membelah disebut

D. Kunci Jawaban

- Mikroba yang menggunakan sumber karbon dari organisme lain.
- Media diferensial.
- Fase log.

E. Daftar Pustaka

- Willey, J.M, L.M Sherwood, C.J. Woolverton. 2008. Prescott, Harley and Klein's Microbiology. 7th Edition. McGraw Hill Higher Education. Boston.

2. Pommerville, J.C. 2011. Alcamo's Fundamental of Microbiology. 9th edition. Jones and Bartlett Publishers. Massachusetts.



Universitas
Esa Unggul