

**MODUL AJAR
MIKROBIOLOGI UMUM**



**DISUSUN OLEH :
SUHARMAN, S.TP., M.Sc**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS PGRI YOGYAKARTA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Modul Ajar : Mikrobiologi Umum
2. Pelaksana
 - a. Nama Lengkap : Suharman, S.TP, M.Sc
 - b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
 - c. Pangkat/Golongan : Penata Muda Tk 1/IIIb
 - d. NIP/NIS : 19940730 201910 1 004
 - e. Program Studi/Fakultas : Teknologi Hasil Pertanian
 - f. Telpn/Faks/E-mail/HP: suharman@upy.ac.id/082349408605

Mengetahui,
Kaprosdi Teknologi Hasil Pertanian



Adi Sutakwa ,S.TP, M.Sc
NIS. 19930817 201910 1 001

Yogyakarta, 12 Februari 2022
Pelaksana/Penulis



Suharman,S.TP, M.Sc
NIS. 19940730 201910 1
004

Menyetujui,
Kepala Lembaga Pengembangan Pendidikan



Selly Rahmawati, M.Pd
NIS. 19870723 201302 2 002

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur kami panjatkan selalu kepada Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah yang sudah diberikan sehingga kami bisa menyelesaikan modulajar yang berjudul “Mikrobiologi Umum” dengan tepat waktu. Tujuan dari penulisan modul ajar ini tidak lain adalah untuk membantu para mahasiswa di dalam memahami kompetensi mata kuliah Mikrobiologi Umum. Modul ajar ini juga akan memberikan informasi secara lengkap mengenai penggolongan mikroorganisme dan taksonomi, sterilisasi dan genetika mikroba.

Penulis sadar bahwa modul ajar yang dibuat masih belum bisa dikatakan sempurna. Maka dari itu, penulis meminta dukungan dan masukan dari para pembaca, agar kedepannya bisa lebih baik lagi di dalam menulis modul ajar Mikrobiologi Umum.

Akhir kata penulis ucapkan terimakasih, harapan penulis semoga Modul Ajar Mikrobiologi Umum ini dapat bermanfaat bagi semua pihak terutama mahasiswa Teknologi Hasil Pertanian Universitas PGRI Yogyakarta.

Yogyakarta, 12 Februari 2022



Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I. PENGANTAR MIKROBIOLOGI	1
BAB II. SEJARAH PERKEMBANGAN MIKROBIOLOGI	3
BAB III. MIKROORGANISME.....	4
BAB IV. STERILISASI.....	15
BAB V. PEMBIAKAN MIKROORGANISME	18
BAB VI. FUNGI.....	30
DAFTAR PUSTAKA	39

BAB I

PENGATAR MIKROBIOLOGI

A. Pendahuluan

Jasad hidup yang ukurannya kecil sering disebut sebagai mikroba atau mikroorganisme atau jasad renik. Jasad renik disebut sebagai mikroba bukan hanya karena ukurannya yang kecil, sehingga sukar dilihat dengan mata biasa, tetapi juga pengaturan kehidupannya yang lebih sederhana dibandingkan dengan jasad tingkat tinggi. Mata biasa tidak dapat melihat jasad yang ukurannya kurang dari 0,1 mm. Ukuran mikroba biasanya dinyatakan dalam mikron (μ), 1 mikron adalah 0,001 mm. Sel mikroba umumnya hanya dapat dilihat dengan alat pembesar atau mikroskop, walaupun demikian ada mikroba yang berukuran besar sehingga dapat dilihat tanpa alat pembesar.

B. Ruang lingkup Mikrobiologi Dasar

Mikrobiologi adalah ilmu yang mempelajari mikroba. Mikrobiologi adalah salah satu cabang ilmu dari biologi, dan memerlukan ilmu pendukung kimia, fisika, dan biokimia. Mikrobiologi sering disebut ilmu praktek dari biokimia. Dalam mikrobiologi dasar diberikan pengertian dasar tentang sejarah penemuan mikroba, macam-macam mikroba di alam, struktur sel mikroba dan fungsinya, metabolisme mikroba secara umum, pertumbuhan mikroba dan faktor lingkungan, mikrobiologi terapan di bidang lingkungan dan pertanian. Mikrobiologi lanjut telah berkembang menjadi bermacam-macam ilmu yaitu virologi, bakteriologi, mikologi, mikrobiologi pangan, mikrobiologi tanah, mikrobiologi industri, dan sebagainya yang mempelajari mikroba spesifik secara lebih rinci atau menurut kemanfaatannya.

C. Penggolongan mikroba diantara jasad hidup

Secara klasik jasad hidup digolongkan menjadi dunia tumbuhan (*plantae*) dan dunia binatang (*animalia*). Jasad hidup yang ukurannya besar dengan mudah dapat digolongkan ke dalam *plantae* atau *animalia*, tetapi mikroba yang ukurannya sangat kecil ini sulit untuk digolongkan ke dalam *plantae* atau *animalia*. Selain karena ukurannya, sulitnya penggolongan juga disebabkan adanya mikroba yang mempunyai sifat antara *plantae* dan *animalia*.

Menurut teori evolusi, setiap jasad akan berkembang menuju ke sifat *plantae* atau *animalia*. Hal ini digambarkan sebagai pengelompokan jasad berturut-turut oleh Haeckel, Whittaker, dan Woese. Berdasarkan perbedaan organisasinya, Haeckel membedakan dunia tumbuhan (*plantae*) dan dunia binatang (*animalia*), dengan protista. Protista untuk menampung jasad yang tidak dapat dimasukkan pada golongan *plantae* dan *animalia*. Protista terdiri dari algae atau ganggang, protozoa, jamur atau fungi, dan bakteri yang mempunyai sifat uniseluler, sonositik, atau multiseluler tanpa diferensiasi jaringan. Whittaker membagi jasad hidup menjadi tiga tingkat perkembangan, yaitu: (1) Jasad prokariotik yaitu bakteri dan ganggang biru (*Divisio Monera*), (2) Jasad eukariotik uniseluler yaitu algae sel tunggal, khamir dan

protozoa (Divisio Protista), dan (3) Jasad eukariotik multiseluler dan multinukleat yaitu Divisio Fungi, Divisio Plantae, dan Divisio Animalia. Sedangkan Woese menggolongkan jasad hidup terutama berdasarkan susunan kimia makromolekul yang terdapat di dalam sel. Pembagiannya yaitu terdiri Arkhaebacteria, Eukaryota (Protozoa, Fungi, Tumbuhan dan Binatang), dan Eubacteria.

BAB II.

SEJARAH PERKEMBANGAN MIKROBIOLOGI

A. PENEMUAN ANIMALCULUS

Awal terungkapnya dunia mikroba adalah dengan ditemukannya mikroskop oleh Leeuwenhoek (1633-1723). Mikroskop temuan tersebut masih sangat sederhana, dilengkapi satu lensa dengan jarak fokus yang sangat pendek, tetapi dapat menghasilkan bayangan jelas yang perbesarannya antara 50-300 kali.

Leeuwenhoek melakukan pengamatan tentang struktur mikroskopis biji, jaringan tumbuhan dan invertebrata kecil, tetapi penemuan yang terbesar adalah diketahuinya dunia mikroba yang disebut sebagai “animalculus” atau hewan kecil. Animalculus adalah jenis-jenis mikroba yang sekarang diketahui sebagai protozoa, algae, khamir, dan bakteri.

B. TEORI ABIOGENESIS DAN BIOGENESIS

Penemuan animalculus di alam, menimbulkan rasa ingin tahu mengenai asal usulnya. Menurut teori abiogenesis, animalculus timbul dengan sendirinya dari bahan- bahan mati. Doktrin abiogenesis dianut sampai jaman Renaissance, seiring dengan kemajuan pengetahuan mengenai mikroba, semakin lama doktrin tersebut menjadi tidak terbukti.

Sebagian ahli menganut teori biogenesis, dengan pendapat bahwa animalculus terbentuk dari “benih” animalculus yang selalu berada di udara. Untuk mempertahankan pendapat tersebut maka penganut teori ini mencoba membuktikan dengan berbagai percobaan.

Fransisco Redi (1665), memperoleh hasil dari percobaannya bahwa ulat yang berkembang biak di dalam daging busuk, tidak akan terjadi apabila daging tersebut disimpan di dalam suatu tempat tertutup yang tidak dapat disentuh oleh lalat. Jadi dapat disimpulkan bahwa ulat tidak secara spontan berkembang dari daging. Percobaan lain yang dilakukan oleh Lazzaro Spalanzani memberi bukti yang menguatkan bahwa mikroba tidak muncul dengan sendirinya, pada percobaan menggunakan kaldu ternyata pemanasan dapat menyebabkan animalculus tidak tumbuh. Percobaan ini juga dapat menunjukkan bahwa perkembangan mikrobia di dalam suatu bahan, dalam arti terbatas menyebabkan terjadinya perubahan kimiawi pada bahan tersebut. Percobaan yang dilakukan oleh Louis Pasteur juga banyak membuktikan bahwa teori abiogenesis tidak mungkin, tetapi tetap tidak dapat menjawab asal usul animalculus. Penemuan Louis Pasteur yang penting adalah (1) Udara mengandung mikrobia yang pembagiannya tidak merata, (2) Cara pembebasan cairan dan bahan- bahan dari mikrobia, yang sekarang dikenal sebagai pasteurisasi dan sterilisasi. Pasteurisasi adalah cara untuk mematikan beberapa jenis mikroba tertentu dengan menggunakan uap air panas, suhunya kurang lebih 62oC. Sterilisasi adalah cara untuk mematikan mikroba dengan pemanasan dan tekanan tinggi, cara ini merupakan penemuan bersama ahli yang lain.

BAB III. MIKROORGANISME

A. Jenis-jenis mikroorganisme

Pada umumnya kita mengambil ketentuan, bahwa semua makhluk yang berukuran beberapa mikron atau lebih kecil lagi kita sebut mikroorganisme. 1 mikron disingkat menjadi 1 mikron.

1. Bakteri
2. Cendawan atau jamur
3. Kapang (Mold)
4. Khamir (Yeast)
5. Parasit
6. Protozoa
7. Virus

Ciri-ciri utama dari suatu Mikroorganisme dikelompokkan sebagai berikut:

1. Morfologi

Mikroba pada umumnya sangat kecil, ukurannya dinyatakan dalam micrometer. Oleh karena ukurannya yang kecil diperlukan mikroskop untuk melihat mikroba. Mikroskop yang digunakan tergantung pada kecermatan yang diinginkan oleh peneliti.

2. Kimiawi

Sel terdiri dari berbagai bahan kimia. Bila sel mikroba di beri perlakuan kimiawi, maka sel ini memperlihatkan susunan kimiawi yang spesifik.

3. Biakan

Zat hara yang diperlukan oleh setiap mikroorganisme berbeda, ada mikroorganisme yang hanya dapat hidup dan tubuh bila diberikan zat hara yang kompleks (serum, darah). Sebaliknya ada pula yang hanya memerlukan bahan inorganic saja atau bahan organic (asam amino, karbohidrat, purin, pirimidin, vitamin, koenzim).

4. Metabolisme

Proses kehidupan dalam sel merupakan suatu rentetan reaksi kimiawi yang disebut metabolisme. Berbagai macam reaksi yang terjadi dalam metabolisme dapat digunakan untuk mencirikan mikroorganisme.

5. Antigenik

Bila mikroorganisme masuk kedalam tubuh, akan terbentuk antibody yang mengikat antigen. Antigen merupakan bahan kimia tertentu dan sel mikroba.

6. Genetik

Mikroorganisme memiliki bagian yang konstan dan spesifik bagi mikroorganisme tersebut sehingga dapat digunakan untuk mencirikan mikroorganisme.

7. Patogenitas

Mikroba dapat menimbulkan penyakit, kemampuannya untuk menimbulkan penyakit

merupakan cirri khas mikroorganisme tersebut selain itu dapat pula bakteri yang memakan bakteri lainnya (*Bdellovibrio*) dan virus (bakteriofag) yang menginfeksi dan menghancurkan bakteri.

1. Bakteri

Bakteri merupakan mikrobia prokariotik uniselular, termasuk kelas Schizomycetes, berkembang biak secara aseksual dengan pembelahan sel. Bakteri tidak berklorofil kecuali beberapa yang bersifat fotosintetik. Cara hidup bakteri ada yang dapat hidup bebas, parasitik, saprofitik, patogen pada manusia, hewan dan tumbuhan. Habitatnya tersebar luas di alam, dalam tanah, atmosfer (sampai + 10 km diatas bumi), di dalam lumpur, dan di laut.

Bakteri mempunyai bentuk dasar bulat, batang, dan lengkung. Bentuk bakteri juga dapat dipengaruhi oleh umur dan syarat pertumbuhan tertentu. Bakteri dapat mengalami involusi, yaitu perubahan bentuk yang disebabkan faktor makanan, suhu, dan lingkungan yang kurang menguntungkan bagi bakteri. Selain itu dapat mengalami pleomorfi, yaitu bentuk yang bermacam-macam dan teratur walaupun ditumbuhkan pada syarat pertumbuhan yang sesuai. Umumnya bakteri berukuran 0,5-10 μ .

Berdasarkan klasifikasi artifisial yang dimuat dalam buku "Bergey's manual of determinative bacteriology" tahun 1974, bakteri diklasifikasikan berdasarkan deskripsi sifat morfologi dan fisiologi. Dalam buku ini juga terdapat kunci determinasi untuk mengklasifikasikan isolat bakteri yang baru ditemukan. Menurut Bergey's manual, bakteri dibagi menjadi 1 kelompok (grup), dengan Cyanobacteria pada grup 20. Pembagian ini berdasarkan bentuk, sifat gram, kebutuhan oksigen, dan apabila tidak dapat dibedakan menurut ketiganya maka dimasukkan ke dalam kelompok khusus.

KLASIFIKASI BAKTERI

I. Bakteri berbentuk kokus (bulat)

a. Bakteri kokus gram positif (grup 14)

Aerobik: *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*

Anaerobik: *Methanosarcina*, *Thiosarcina*, *Sarcina*, *Ruminococcus*

b. Bakteri kokus gram negatif

Aerobik: *Neisseria*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Paracoccus* (grup 10) Anaerobik: *Veillonella*, *Acidaminococcus*, *Megasphaera* (grup 11)

II. Bakteri berbentuk batang a. Bakteri gram positif

1. Bakteri gram positif tidak membentuk spora (grup 16) Aerobik: *Lactobacillus*, *Listeria*, *Erysipelothrix*, *Caryophanon*.

2. Bakteri Coryneform dan actinomycetes (grup 17)

Aerobik Coryneform: *Corynebacterium*, *Arthrobacter*, *Brevibacterium*, *Cellulomonas*, *Propionibacterium*, *Eubacterium*, *Bifidobacterium*.

Aerobik Actinomycetes: *Mycobacterium*, *Nocardia*, *Actinomyces*, *Frankia*, *Actinoplanes*, *Dermatophilus*, *Micromonospora*, *Microbispora*, *Streptomyces*, *Streptosporangium*.

Actinomycete dapat membentuk miselium yang sangat halus dan bercabang-cabang. Miselium vegetatif tumbuh di dalam medium, dan miselium udara ada di permukaan medium. Bakteri ini dapat berkembang biak dengan spora, secara fragmentasi dan segmentasi, dengan chlamydospora, serta dengan bertunas. Bakteri ini umumnya mempunyai habitat pada lingkungan dengan pH yang tinggi. Cara hidupnya ada yang bersifat saprofit,

simbiosis dan beberapa sebagai parasit. Frankia adalah actinomycetes yang mampu menambat nitrogen dan dapat bersimbiosis dengan tanaman.

3. Bakteri pembentuk endospora (grup 15)

Aerobik: Bacillus, Sporolactobacillus, Sporosarcina, Thermoactinomyces

Anaerobik: Clostridium, Desulfotomaculum, Oscillospira

b. Bakteri gram negatif

1. Bakteri gram negatif aerobik (grup 7)

Aerobik: Pseudomonas, Xanthomonas, Zoogloea, Gluconobacter, Acetobacter, Azotobacter, Azomonas, Beijerinckia, Derxia, Rhizobium, Agrobacterium, Alcaligenes, Brucella, Legionella, Thermus. Bakteri Azotobacter, Beijerinckia, Derxia, Rhizobium termasuk diazotroph yang dapat menambat nitrogen dari udara. Azotobacter, Beijerinckia, dan Derxia cara hidupnya bebas tidak bersimbiosis, Rhizobium hidupnya dapat bersimbiosis dengan akar tanaman leguminosa dengan membentuk bintil akar.

a. Media tumbuh bakteri

1. Rebusan kentang yang sudah dikuliti ataupun jenang dodol dapat kita gunakan sebagai medium yang sederhana.
2. Koloni cendawan dapat segera dibedakan dari koloni bakteri, koloni cendawan memperlihatkan benang-2 miselium
3. Koloni bakteri nampak seperti sekelumit mentega, percikan susu atau percikan sari buah



b. Pewarnaan gram pada bakteri

Mikroorganisme yang ada di alam ini mempunyai morfologi, struktur dan sifat-sifat yang khas, begitu pula dengan bakteri. Bakteri yang hidup hampir tidak berwarna dan kontras dengan air, dimana sel-sel bakteri tersebut disuspensikan. Salah satu cara untuk mengamati bentuk sel bakteri sehingga mudah untuk diidentifikasi ialah dengan metode pengecatan atau pewarnaan. Hal tersebut juga berfungsi untuk mengetahui sifat fisiologisnya yaitu mengetahui reaksi dinding sel bakteri melalui serangkaian pengecatan (Jimmo, 2008).

Berbagai macam tipe morfologi bakteri (kokus, basil, spirillum, dan sebagainya) dapat dibedakan dengan menggunakan pewarna sederhana. Istilah "pewarna sederhana" dapat diartikan dalam mewarnai sel-sel bakteri hanya digunakan satu macam zat warna saja (Gupte, 1990).

Kebanyakan bakteri mudah bereaksi dengan pewarna-pewarna sederhana karena sitoplasmanya bersifat basofilik (suka akan basa) sedangkan zat-zat warna yang digunakan untuk pewarnaan sederhana umumnya bersifat alkalin (komponen kromoforiknya bermuatan positif).

Faktor-faktor yang mempengaruhi pewarnaan bakteri yaitu fiksasi, peluntur warna, substrat, intensifikasi pewarnaan dan penggunaan zat warna penutup. Suatu preparat yang sudah meresap suatu zat warna, kemudian dicuci dengan asam encer maka semua zat warna terhapus. sebaliknya terdapat juga preparat yang tahan terhadap asam encer. Bakteri-bakteri seperti ini dinamakan bakteri tahan asam, dan hal ini merupakan ciri yang khas bagi suatu spesies (Dwidjoseputro, 1994)

Teknik pewarnaan warna pada bakteri dapat dibedakan menjadi empat macam yaitu pengecatan sederhana, pengecatan negatif, pengecatan diferensial dan pengecatan struktural. Pemberian warna pada bakteri atau jasad-jasad renik lain dengan menggunakan larutan tunggal suatu pewarna pada lapisan tipis, atau olesan, yang sudah difiksasi, dinamakan pewarnaan sederhana. Prosedur pewarnaan yang menampilkan perbedaan di antara sel-sel mikroba atau bagian-bagian sel mikroba disebut teknik pewarnaan diferensial. Sedangkan pengecatan struktural hanya mewarnai satu bagian dari sel sehingga dapat membedakan bagian-bagian dari sel. Termasuk dalam pengecatan ini adalah pengecatan endospora, flagella dan pengecatan kapsul. (Waluyo, 2010)

Mikroba sulit dilihat dengan cahaya karena tidak mengadsorpsi atau membiaskan cahaya. Alasan inilah yang menyebabkan zat warna digunakan untuk mewarnai mikroorganisme. Zat warna mengadsorpsi dan membiaskan cahaya sehingga kontras mikroba dengan sekelilingnya dapat ditingkatkan. Penggunaan zat warna memungkinkan pengamatan struktur seperti spora, flagela, dan bahan inklusi yang mengandung zat pati dan granula fosfat (Entjang, 2003)

Melihat dan mengamati bakteri dalam keadaan hidup sangat sulit, karena selain bakteri itu tidak berwarna juga transparan dan sangat kecil. Untuk mengatasi hal tersebut maka dikembangkan suatu teknik pewarnaan sel bakteri, sehingga sel dapat terlihat jelas dan mudah diamati. Oleh karena itu teknik pewarnaan sel bakteri ini merupakan salahsatu cara yang paling utama dalam penelitian-penelitian mikrobiologi (Rizki, 2008)

a.1 Macam-macam pewarnaan

a.1.1 Pewarnaan

Tujuan pewarnaan terhadap mikroorganismenya ialah untuk :

1. Mempermudah melihat bentuk jasad, baik bakteri, ragi, maupun fungi.
2. Memperjelas ukuran dan bentuk jasad
3. Melihat struktur luar dan kalau memungkinkan struktur dalam jasad.
4. Melihat reaksi jasad terhadap pewarna yang diberikan sehingga sifat-sifat fisik dan kimia dapat diketahui.

Langkah-langkah utama teknik pewarnaan

1. Pembuatan olesan bakteri, olesan bakteri tidak boleh terlalu tebal atau tipis
2. Fiksasi, dapat dilakukan secara pemanasan atau dengan aplikasi bahan kimia seperti sabun, formalin, fenol.
3. Aplikasi zat warna : tunggal, atau lebih dari 1 zat warna

Teknik pewarnaan dikelompokkan menjadi beberapa tipe, berdasarkan respon sel bakteri terhadap zat pewarna dan sistem pewarnaan yang digunakan untuk pemisahan kelompok bakteri digunakan pewarnaan Gram, dan pewarnaan “acid-fast”(tahan asam) untuk genus *Mycobacterium*.

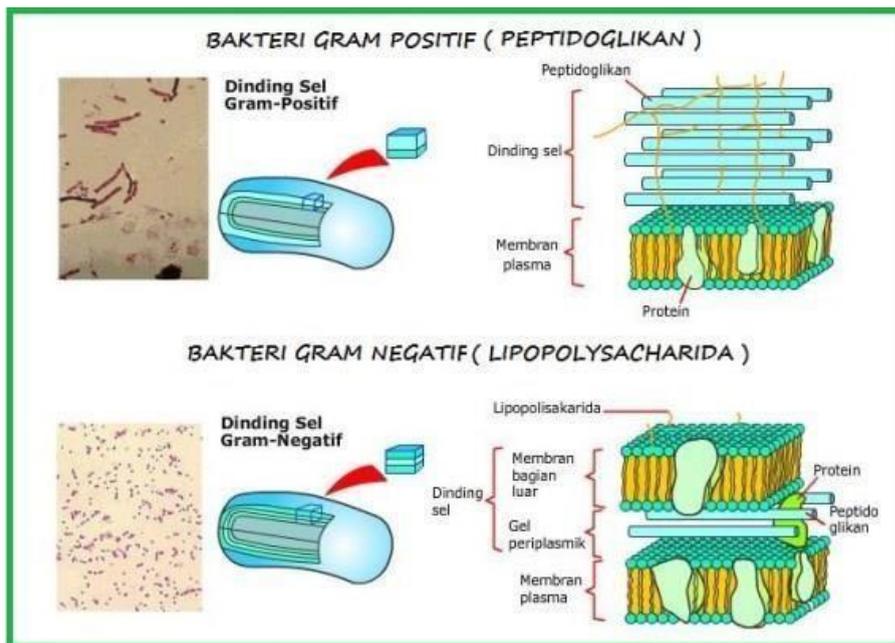
Untuk melihat struktur digunakan pewarnaan flagela, pewarnaan kapsul, pewarnaan spora, dan pewarnaan nukleus. Pewarnaan Neisser atau Albert digunakan untuk melihat granula metakromatik (*volutin bodies*) pada *Corynebacterium diphtheriae*. Untuk semua prosedur pewarnaan mikrobiologi dibutuhkan pembuatan apusan lebih dahulu sebelum melaksanakan beberapa teknik pewarnaan yang spesifik (Pelezar,2008).

b.1.2 Macam-Macam Pewarnaan

- Secara garis besar teknik pewarnaan bakteri dapat dikategorikan sebagai berikut :
- 1. Pewarnaan sederhana
- Menggunakan satu macam zat warna (biru metilen/air fukhsin) tujuan hanya untuk melihat bentuk sel. Pewarnaan sederhana, merupakan pewarna yang paling umum digunakan. Berbagai macam tipe morfologi bakteri (kokus, basil, spirillum, dan sebagainya) dapat dibedakan dengan menggunakan pewarna sederhana, yaitu mewarnai sel-sel bakteri hanya digunakan satu macam zat warna saja. Kebanyakan bakteri mudah bereaksi dengan pewarna-pewarna sederhana karena sitoplasmanya

bersifat basofilik (suka akan basa) sedangkan zat-zat warna yang digunakan untuk pewarnaan sederhana umumnya bersifat alkalin (komponen kromoforiknya bermuatan positif).

- Zat warna yang dipakai hanya terdiri dari satu zat yang dilarutkan dalam bahan pelarut. Pewarnaan Sederhana merupakan satu cara yang cepat untuk melihat morfologi bakteri secara umum. Beberapa contoh zat warna yang banyak digunakan adalah biru metilen (30-60 detik), ungu kristal (10 detik) dan fukhsin-karbol (5 detik).



gambar pewarnaan sederhana

pewarnaan gram ini adalah sebuah metode untuk mengkategorikan bakteri ke dalam dua kelompok besar, yaitu **bakteri gram-positif** dan **bakteri gram-negatif**.

bakteri dari kedua kelompok ini memiliki zat berlemak dalam jumlah besar di dalam dinding-dinding selnya. Oleh karena itu, mereka menjadi tidak permeabel terhadap zat-zat warna umum. Akibatnya, sel-sel bakteri tersebut tidak terdeteksi oleh metode pewarnaan yang umum, misalnya pewarnaan sederhana atau pewarnaan gram itu sendiri.

bakteri gram-negatif adalah bakteri yang setelah dilakukan metode pewarnaan gram warnanya akan menjadi warna merah atau merah muda (warna safranin), bukannya warna metil ungu.

Bakteri gram-positif akan tetap mempertahankan warna metil ungu gelap setelah dilakukan pewarnaan gram, sehingga warna yang muncul adalah warna ungu.

pewarnaan gram ada 4 reagen yang diperlukan.

Keempat reagen tersebut adalah **zat warna utama** (violet kristal), **mordan** (larutan iodin), **pencuci zat warna** yang berupa alkohol atau aseton, dan **zat penutup**, yaitu

safranin. Mordan berfungsi untuk mengintensifkan warna utama, sedangkan pencuci zat warna berfungsi untuk melunturkan zat warna utama.

2. Pewarnaan differensial dibagi pewarnaan gram dan pewarnaan tahan asam

Pewarnaan differensial

Pewarnaan bakteri yang menggunakan lebih dari satu zat warna seperti pewarnaan gram dan pewarnaan tahan asam. Penjelasan sebagai berikut:

Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram atau metode Gram adalah suatu metode untuk membedakan spesies bakteri menjadi dua kelompok besar, yakni gram-positif dan gram-negatif, berdasarkan sifat kimia dan fisik dinding sel mereka. Metode ini diberi nama berdasarkan penemunya, ilmuwan Denmark Hans Christian Gram (1853–1938) yang mengembangkan teknik ini pada tahun 1884 untuk membedakan antara pneumokokus dan bakteri *Klebsiella pneumoniae*.

- a) Dengan metode pewarnaan Gram, bakteri dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu bakteri Gram positif dan Gram negatif berdasarkan reaksi atau sifat bakteri terhadap cat tersebut.
- b) Reaksi atau sifat bakteri tersebut ditentukan oleh komposisi dinding selnya. Oleh karena itu, pengecatan Gram tidak bisa dilakukan pada mikroorganisme yang tidak mempunyai dinding sel seperti *Mycoplasma sp* Contoh bakteri yang tergolong bakteri tahan asam, yaitu dari genus *Mycobacterium* dan beberapa spesies tertentu dari genus *Nocardia*.
- c) Bakteri dari kedua genus ini diketahui memiliki sejumlah besar zat lipodial (berlemak) di dalam dinding selnya sehingga menyebabkan dinding sel tersebut relatif tidak permeabel terhadap zat-zat warna yang umum sehingga sel bakteri tersebut tidak terwarnai oleh metode pewarnaan biasa, seperti pewarnaan sederhana atau Gram.
- d) Dalam pewarnaan gram diperlukan empat reagen yaitu :
- e) Zat warna utama (violet kristal)
- f) Mordan (larutan Iodin) yaitu senyawa yang digunakan untuk mengintensifkan warna utama.
- g) Pencuci / peluntur zat warna (alcohol / aseton) yaitu solven organik yang digunakan untuk melunturkan zat warna utama.
- h) Zat warna kedua / cat penutup (safranin) digunakan untuk mewarnai kembali sel-sel yang telah kehilangan cat utama setelah perlakuan dengan alcohol.
- i) Perbedaan dasar antara bakteri gram positif dan negatif adalah pada komponen dinding selnya. Kompleks zat iodine terperangkap antara dinding sel dan membran sitoplasma organisme gram positif, sedangkan penyingkiran zat lipida dari dinding sel

organisme gram negatif dengan pencucian alcohol memungkinkan hilang dari sel.

- j) Bakteri gram positif memiliki membran tunggal yang dilapisi peptidoglikan yang tebal (25-50nm) sedangkan bakteri negative lapisan peptidoglikogennya tipis (1-3 nm).
- k) Sifat bakteri terhadap pewarnaan Gram merupakan sifat penting untuk membantu determinasi suatu bakteri. Beberapa perbedaan sifat yang dapat dijumpai antara bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif yaitu:
 - l) Perbedaan dasar antara bakteri gram positif dan negatif adalah pada komponen dinding selnya. Kompleks zat iodine terperangkap antara dinding sel dan membran sitoplasma organisme gram positif, sedangkan penyingkiran zat lipida dari dinding sel organisme gram negatif dengan pencucian alcohol memungkinkan hilang dari sel.
- m) Bakteri gram positif memiliki membran tunggal yang dilapisi peptidoglikan yang tebal (25-50nm) sedangkan bakteri negative lapisan peptidoglikogennya tipis (1-3 nm).
- n) Sifat bakteri terhadap pewarnaan Gram merupakan sifat penting untuk membantu determinasi suatu bakteri. Beberapa perbedaan sifat yang dapat dijumpai antara bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif yaitu:

Ciri-ciri bakteri gram negatif yaitu:

Struktur dinding selnya tipis, sekitar 10 – 15 mm, berlapis tiga atau multilayer.

Dinding selnya mengandung lemak lebih banyak (11-22%), peptidoglikan terdapat didalam lapisan kaku, sebelah dalam dengan jumlah sedikit \pm 10% dari berat kering, tidak mengandung asam tekoat.

Kurang rentan terhadap senyawa penisilin.

Pertumbuhannya tidak begitu dihambat oleh zat warna dasar misalnya kristal violet.

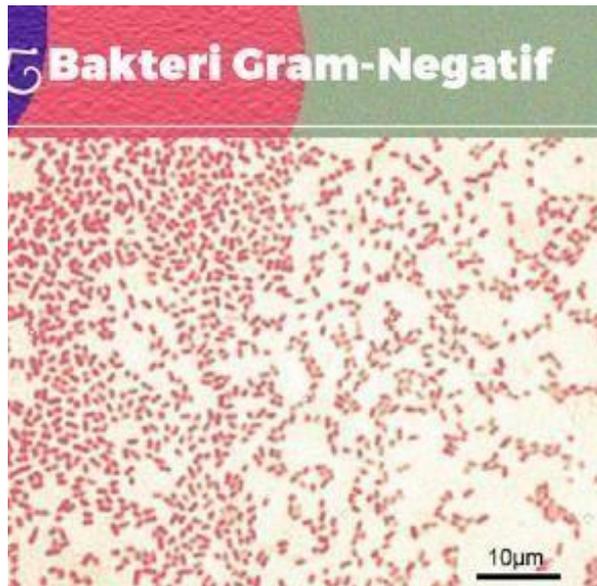
Komposisi nutrisi yang dibutuhkan relatif sederhana.

Tidak resisten terhadap gangguan fisik.

Resistensi terhadap alkali (1% KOH) lebih pekat

Peka terhadap streptomisin

Toksin yang dibentuk Endotoksin



Ciri-ciri bakteri gram positif yaitu:

Struktur dinding selnya tebal, sekitar 15-80 nm, berlapis tunggal atau monolayer.

Dinding selnya mengandung lipid yang lebih normal (1-4%), peptidoglikan ada yang sebagai lapisan tunggal. Komponen utama merupakan lebih dari 50% berat kering. Mengandung asam teikoat.

Bersifat lebih rentan terhadap penisilin.

Pertumbuhan dihambat secara nyata oleh zat-zat warna seperti ungu kristal.

Komposisi nutrisi yang dibutuhkan lebih rumit.

Lebih resisten terhadap gangguan fisik.

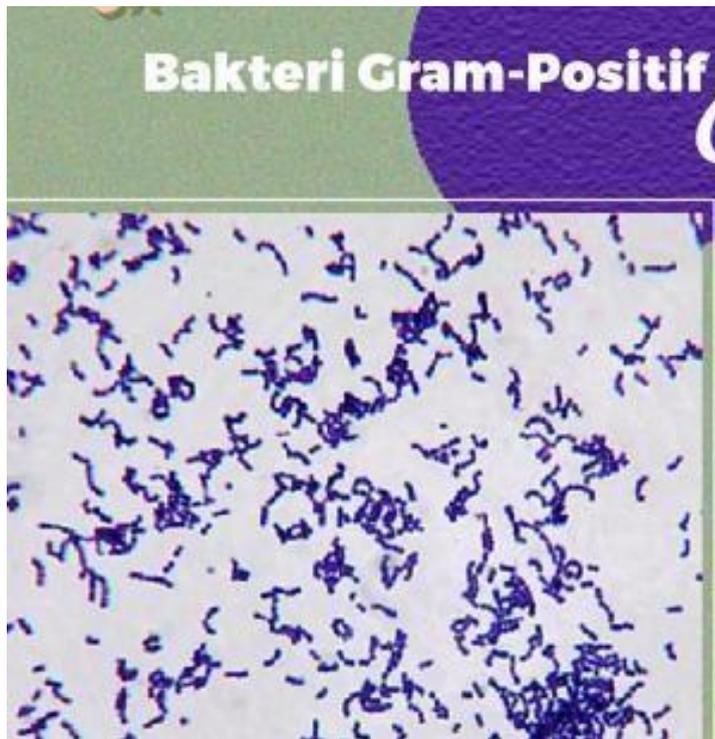
Resistensi terhadap alkali (1% KOH) larut

Tidak peka terhadap streptomisin

Toksin yang dibentuk Eksotoksin Endotoksin

Tabel Perbandingan Tipe Karakteristik Komponen sel Bakteri Gram positif dan Gram negatif

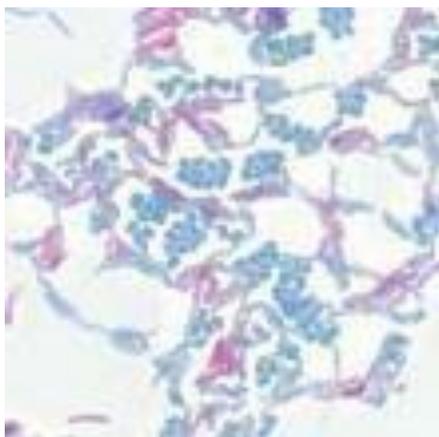
Ciri sel	Gram positif	Gram negatif
Struktur dinding sel	Tebal (15-80 nm), lapis tunggal (monolayer)	Tipis (10 – 15 nm), lapis tiga (trilayer)
Komposisi dinding sel	Kandungan lipid rendah (1-4%). Peptidoglikan berupa lapisan tunggal (lebih dari 50% berat kering sel). Terdapat asam teikoat	Kandungan lipid tinggi (11-22%). Peptidoglikan jumlahnya sedikit (10% berat kering sel) tidak mengandung asam teikoat
Persyaratan nutrisi	Relatif rumit	Relatif sederhana
Kerentanan terhadap obat penisilin	Lebih rentan	Kurang rentan
Ketahanan terhadap gangguan fisik	Lebih tahan	Kurang tahan



c. Pewarnaan Tahan Asam

Pewarnaan ini ditujukan terhadap bakteri yang mengandung lemak dalam konsentrasi tinggi sehingga sukar menyerap zat warna, namun jika bakteri diberi zat warna khusus misalnya karbolfukhsin melalui proses pemanasan, maka akan menyerap zat warna dan akan tahan diikat tanpa mampu dilunturkan oleh peluntur yang kuat sekalipun seperti asam-alkohol. Karena itu bakteri ini disebut bakteri tahan asam (BTA).

Teknik pewarnaan ini dapat digunakan untuk mendiagnosa keberadaan bakteri penyebab tuberkulosis yaitu *Mycobacterium tuberculosis*. Ada beberapa cara pewarnaan tahan asam, namun yang paling banyak adalah cara menurut Ziehl-Neelsen. (anonymous, 2009)



Bakteri Tahan Asam (pink) dan bakteri Tidak Tahan Asam (biru)

Sumber: www.google.com

Bakteri yang termasuk ke dalam bakteri gram positif di antaranya:

- 1) *Staphylococcus*
- 2) *Streptococcus*
- 3) *Enterococcus*
- 4) *Bacillus*
- 5) *Corynebacterium*
- 6) *Nocardia*
- 7) *Clostridium*
- 8) *Actinobacteria*
- 9) *Listeria*

Sedangkan bakteri yang termasuk ke dalam bakteri gram negatif jenis-jenisnya yaitu:

- 1) *Enterobacteriaceae (Escherichia coli, Salmonella, Shigella)*
- 2) *Pseudomonas*
- 3) *Moraxella*
- 4) *Helicobacter*
- 5) *Stenotrophomas*
- 6) *Bdellovibrio*
- 7) Bakteri asam laktat
- 8) *Legionella*
- 9) *Cyanobacteria*
- 10) *Sprichaeta*
- 11) Green sulfur & non-sulfur bacteria
- 12) *Alpha-proteobacteria (Wolbachia)*

BAB IV. Sterilisasi

A. Sterilisasi

Sterilisasi di dalam mikrobiologi menjadi bagian yang penting untuk menghindari hasil positif palsu. Sterilisasi terhadap alat dan bahan sebelum pelaksanaan kegiatan praktikum/penelitian 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.

Sterilisasi adalah suatu cara untuk membebaskan suatu benda dari semua, baik bentuk vegetatif maupun bentuk spora. Proses sterilisasi dipergunakan pada bidang mikrobiologi untuk mencegah pencernaan organisme luar, pada bidang bedah untuk mempertahankan keadaan aseptis, pada pembuatan makanan dan obat-obatan untuk menjamin keamanan terhadap pencemaran oleh mikroorganisme dan di dalam bidang-bidang lain pun sterilisasi ini juga penting. Sterilisasi juga dikatakan sebagai tindakan untuk membunuh kuman patogen atau kuman apatogen beserta spora yang terdapat pada alat perawatan atau kedokteran dengan cara merebus, stoom, menggunakan panas tinggi, atau bahkan kimia. Jenis sterilisasi antara lain sterilisasi cepat, sterilisasi panas kering, steralisasi gas (Formalin H₂, O₂), dan radiasi ionnisasi.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam steralisasi di antaranya:

1. Sterilisator (alat untuk mensteril) harus siap pakai, bersih, dan masih berfungsi
2. Peralatan yang akan di sterilisasi harus dibungkus dan diberi label yang jelas dengan menyebutkan jenis peralatan, jumlah dan tanggal pelaksanaan sterilisasi
3. Penataan alat harus berprinsip bahwa semua bagian dapat steril
4. Tidak boleh menambah peralatan dalam sterilisator sebelum waktu mensteril selesai
5. Memindahklan alat steril ke dalam tempatnya dengan korentang steril
6. Saat mendinginkan alat steril tidak boleh membuka pembungkusnya, bila terbuka harus dilakukan sterilisasi ulang.

1. STERILISASI DAN DESINFEKSI

Sterilisasi didefinisikan sebagai upaya untuk membunuh mikroorganisme termasuk dalam bentuk spora. Desinfeksi merupakan proses untuk merusak organisme yang bersifat patogen, namun tidak dapat mengeliminasi dalam bentuk spora (Tille, 2017).

2. JENIS STERILISASI DAN FUNGSINYA

Sterilisasi dapat dilakukan baik dengan metode fisika maupun kimia (Tille, 2017).

a. Sterilisasi dengan metode fisika dapat dilakukan dengan cara:

1). Pemanasan

A. Pemanasan kering

i. Pemijaran

Metode ini dengan memanaskan alat biasanya berupa ose di atas api bunsen sampai ujung ose memijar

ii. Pembakaran

Pembakaran dilakukan untuk alat-alat dari bahan logam atau kaca dengan cara dilewatkan di atas api bunsen namun tidak sampai memijar. Misalkan: a) melewati mulut tabung yang berisi kultur bakteri di atas api Bunsen; b) memanaskan kaca objek di atas api busnen sebelum digunakan; c) memanaskan pinset sebelum digunakan untuk meletakkan disk antibiotic pada cawan petri yang telah ditanam bakteri untuk pemeriksaan uji kepekaan antibiotik.

iii. *Hotairoven*

Sterilisasi dengan metode ini digunakan untuk benda-benda dari kaca/gelas, petri, tabung Erlenmeyer, tidak boleh bahan yang terbuat dari karet atau plastic. Oven Suhu 160-1800C selama 1.5-3 jam. Alat-alat tersebut terlebih dahulu dibungkus menggunakan kertas sebelum dilakukan sterilisasi.



B. Pemanasan basah

Merupakan pemanasan dengan tekanan tinggi, contohnya adalah dengan menggunakan autoklav. Sterilisasi dengan metode ini dapat digunakan untuk sterilisasi biohazard (bakteri limbah hasil praktikum) dan alat-alat yang tahan terhadap panas (bluetip, mikropipet), pembuatan media, dan sterilisasi cairan. Pemanasan yang digunakan pada suhu 1210C selama 15 menit (Tille, 2017). Pemanasan basah dapat menggunakan

i. Autoklaf manual

Metode ini menggunakan ketinggian air harus tetap tersedia di dalam autoklaf. Sterilisasi menggunakan autoklaf manual tidak dapat ditinggal dalam waktu lama. Autoklaf manual setelah suhu mencapai 1210C setelah 15 menit, jika tidak dimatikan maka suhu akan terus naik, air dapat habis, dan dapat meledak.

ii. Autoklaf digital/otomatis

Alat ini dapat diatur dengan suhu mencapai 1210C selama 15 menit. Setelah suhu tercapai, maka suhu akan otomatis turun sampai mencapai 500C dan tetap stabil pada suhu tersebut. Jika digunakan untuk sterilisasi media, suhu ini sesuai karena untuk membuat media diperlukan suhu 50-700 C.



Gambar 9. Autoklaf manual dan otomatis

BAB V

PEMBIAKAN MIKROORGANISME

Identifikasi biakan mikroorganisme seringkali memerlukan pemindahan ke biakan segar tanpa terjadi pencemaran. Pemindahan mikroorganisme ini dilakukan dengan teknik aseptik untuk mempertahankan kemurnian biakan selama pemindahan berulang kali.

Mikroorganisme dapat ditumbuhkan dalam biakan cair atau padat. Kekeruhan dalam kaldu menunjukkan terjadinya pertumbuhan mikroorganisme. Bila mikroorganisme menumpuk pada dasar tabung maka akan membentuk sedimen, sedangkan pada permukaan kaldu pertumbuhannya terlihat sebagai pelikel (Lay, 1998).

Pertumbuhan mikroorganisme dalam kaldu seringkali menggambarkan aktivitas metabolismenya. Mikroba aerob obligat berkembang biak pada lapisan permukaan karena pada bagian ini kandungan oksigen tinggi. Selain dalam media cair, mikroorganisme juga memperlihatkan pertumbuhan dengan ciri tertentu dalam biakan padat seperti agar miring atau lempengan agar.

Agar miring lazimnya digunakan untuk menyimpan biakan murni sedangkan agar lempengan lazimnya digunakan untuk memurnikan mikroorganisme (Lay, 1998).

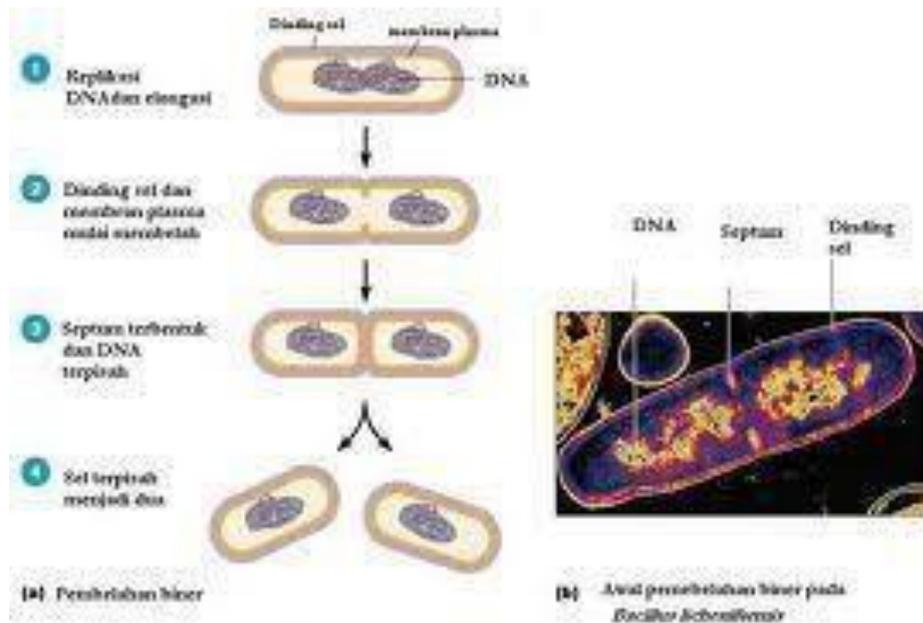
Dalam teknik biakan murni tidak saja diperlukan bagaimana memperoleh suatu biakan yang murni, tetapi juga bagaimana memelihara serta mencegah pencemaran dari luar. Media untuk membiakkan bakteri haruslah steril sebelum digunakan. Pencemaran terutama berasal dari udara yang mengandung banyak mikroorganisme.

Pemindahan biakan mikroba yang dibiakkan harus sangat hati-hati dan mematuhi prosedur laboratorium agar tidak terjadi kontaminasi. Oleh karena itu, diperlukan teknik-teknik dalam pembiakan mikroorganisme yang disebut dengan teknik inokulasi biakan (Dwijoseputro, 1998).

A. Pembiakan mikroorganisme

1.Reproduksi mikroorganisme

Pekembangbiakan mikroorganisme dapat terjadi secara seksual dan aseksual. Yang paling banyak terjadi adalah perkembangbiakan aseksual. Pembiakan aseksual terjadi dengan pembelahan biner, yakni satu sel induk membelah menjadi dua sel anak. Kemudian masing-masing sel anak membentuk dua sel anak lagi dan seterusnya. Tipe lain cara perkembangbiakan aseksual disamping pembelahan biner adalah pembelahan ganda dan perkuncupan. Reproduksi bakteri terjadi secara pembelahan biner.



Perbanyak sel dengan cara ini, kecepatan pembelahan sel ditentukan dengan waktu generasi. Waktu generasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh sel untuk membelah bervariasi tergantung dari spesies dan kondisi pertumbuhan.

Pembelahan biner yang terjadi pada bakteri adalah pembelahan biner melintang yaitu suatu proses reproduksi aseksual, setelah pembentukan dinding sel melintang, maka satu sel tunggal membelah menjadi dua sel yang disebut dengan sel anak.

Reproduksi pada khamir, misalnya *saccharomyces* tipe pembelahan selnya ada yang seperti bakteri, yakni dengan pembelahan biner, tetapi ada yang membentuk kuncup, dimana tiap kuncup akan membesar seperti induknya. Kemudian tumbuh kuncup baru dan seterusnya, sehingga akhirnya membentuk semacam mata rantai.

Tipe yang ketiga cara perkembangbiakan khamir adalah dengan pembelahan tunas, yakni kombinasi antara pertunasan dan pembelahan. Sedangkan cara keempat dengan sporulasi atau pembentukan spora, yang dapat dibedakan atas dua macam yaitu spora seksual dan aseksual.

Reproduksi dengan cara pertunasan, pembelahan, pembelahan tunas, dan pembentukan spora aseksual disebut sebagai reproduksi vegetatif, sedangkan reproduksi dengan cara membentuk spora seksual dinamakan reproduksi seksual.

Perkembangbiakan secara seksual, umumnya terjadi pada jamur dan mikroalga, serta secara terbatas terjadi pada bakteri, dapat terjadi secara:

Oogami, bila sel betina berbentuk telur

Anisogami, bila sel betina lebih besar dari sel jantan

Isogami, bila sel jantan dan sel betina mempunyai bentuk yang sama.

B. Pertumbuhan mikroorganisme

1. Definisi pertumbuhan

Pertumbuhan secara umum dapat didefinisikan sebagai penambahan secara teratur secara komponen didalam sel hidup. Pada organisme multi seluler yang disebut pertumbuhan adalah peningkatan jumlah sel perorganisme, dimana ukuran sel menjadi lebih besar.

Pada organisme uniseluler pertumbuhan adalah penambahan jumlah sel yang juga berarti penambahan jumlah organisme yang membentuk koloni atau suatu biakan.

Pada organisme aseluler selama pertumbuhan ukuran sel menjadi besar tetapi tidak terjadi pembelahan sel. Pertumbuhan makhluk hidup dapat juga ditinjau dari dua sudut yaitu pertumbuhan individu dan pertumbuhan kelompok.

Pertumbuhan individu diartikan sebagai adanya penambahan sel serta bagian-bagian sel lainnya. Sedangkan pertumbuhan kelompok merupakan akibat pertumbuhan individu misalnya dari satu sel menjadi dua sel.

2. Pengukuran pertumbuhan

- Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengukur jumlah jasad renik

1. Perhitungan jumlah sel

- hitungan mikroskopik
- hitungan cawan
- MPN (most probable number)

2. Perhitungan masa sel secara langsung

- Cara volumetrik
- Cara grafimetrik
- Turbidimetri (kekeruhan)

3. Perhitungan massa sel secara tidak langsung

- Analisis komponen sel (protein, ADN, dan ATP)
- Analisis produk katabolisme (metabolit primer dan sekunder)
- Analisis konsumsi nutrisi (karbon, nitrogen, dan oksigen)

3. Laju Pertumbuhan

Cara khas bakteri berkembangbiak adalah dengan cara pembelahan biner melintang. Selang waktu yang dibutuhkan bagi sel untuk membelah diri menjadi dua kali lipat dinamakan waktu generasi atau waktu berganda.

Tidak semua spesies mikroba mempunyai waktu generasi yang sama. Waktu generasi untuk suatu spesies bakteri tertentu juga tidak sama pada segala kondisi. Waktu generasi amat bergantung pada cukup atau tidaknya kondisi fisik. **4. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba**

- Nutrien
- Tersedianya air
- Nilai PH
- Suhu
- Tersedianya oksigen
- Komponen anti mikroba

Teknik inokulasi mikroorganisme

- Teknik inokulasi merupakan suatu pekerjaan memindahkan bakteri dari medium yang lama ke medium yang baru dengan tingkat ketelitian yang sangat tinggi. Dengan demikian akan diperoleh biakan mikroorganisme yang dapat digunakan untuk pembelajaran mikrobiologi.
- Pada praktikum ini akan dilakukan teknik inokulasi biakan mikroorganisme pada medium steril untuk mempelajari mikrobiologi dengan satu kultur murni saja.
- Ada beberapa metode yang digunakan untuk mengisolasi biakan murni mikroorganisme yaitu:
 - **1. Metode gores**
 - Teknik ini lebih menguntungkan jika ditinjau dari sudut ekonomi dan waktu, tetapi memerlukan ketrampilan-ketrampilan yang diperoleh dengan latihan. Penggoresan yang sempurna akan menghasilkan koloni yang terpisah. Inokulum digoreskan di permukaan media agar nutrien dalam cawan petri dengan jarum pindah (lup inokulasi). Di antara garis-garis goresan akan terdapat sel-sel yang cukup terpisah sehingga dapat tumbuh menjadi koloni (Winarni, 1997).

- Cara penggarisan dilakukan pada medium pembiakan padat bentuk lempeng. Bila dilakukan dengan baik teknik inilah yang paling praktis. Dalam pengerjaannya terkadang berbeda pada masing-masing laboratorium tapi tujuannya sama yaitu untuk membuat goresan sebanyak mungkin pada lempeng medium pembiakan (Kus Irianto, 2006)

Ada beberapa teknik dalam metode gores yakni:

- Goresan T
- Goresan kuadran
- Goresan Radian
- Goresan Sinambun

2. Metode tebar

Setetes inokulum diletakan dalam sebuah medium agar nutrien dalam cawan petridish dan dengan menggunakan batang kaca yang bengkok dan steril. Inokulasi itu disebarkan dalam medium batang yang sama dapat digunakan dapat menginokulasikan pinggan kedua untuk dapat menjamin penyebaran bakteri yang merata dengan baik. Pada beberapa pinggan akan muncul koloni koloni yang terpisah-pisah (Winarni, 1997).

3 Metode tuang

Isolasi menggunakan media cair dengan cara pengenceran. Dasar melakukan pengenceran adalah penurunan jumlah mikroorganismenya sehingga pada suatu saat hanya ditemukan satu sel di dalam tabung (Winarni, 1997).

4 Metode tusuk

Metode tusuk yaitu dengan dengan cara meneteskan atau menusukan ujung jarum ose yang didalamnya terdapat inokulum, kemudian dimasukkan ke dalam media (Winarni, 1997)

a.1 Teknik Isolasi mikroorganismenya

Beratus-ratus spesies mikroba dapat menghuni berbagai macam bagian tubuh kita, misal: mulut, saluran pencernaan, kulit, dll. Sekali bersin dapat menyebarkan beribu-ribu mikroorganismenya. Satu gram kotoran manusia/hewan dapat mengandung jutaan bakteri. Udara, air, tanah, juga dihuni oleh sekumpulan mikroorganismenya.

Proses pemisahan/pemurnian dari mikroorganismenya lain perlu dilakukan karena semua pekerjaan mikrobiologis, misalnya telaah dan identifikasi mikroorganismenya, memerlukan suatu populasi yang hanya terdiri dari satu macam mikroorganismenya saja. Teknik tersebut dikenal dengan Isolasi Mikroba. Terdapat berbagai cara mengisolasi

mikroba, yaitu: 1) isolasi pada agar cawan, 2) isolasi pada medium cair, dan 3) Isolasi sel tunggal

1. Isolasi pada agar cawan

Prinsip pada metode isolasi pada agar cawan adalah mengencerkan mikroorganisme sehingga diperoleh individu spesies yang dapat dipisahkan dari organisme lainnya. Setiap koloni yang terpisah yang tampak pada cawan tersebut setelah inkubasi berasal dari satu sel tunggal. Terdapat beberapa cara dalam metode isolasi pada agar cawan, yaitu: Metode gores kuadran, dan metode agar cawan tuang. Metode gores kuadran, Bila metode ini dilakukan dengan baik akan menghasilkan terisolasinya mikroorganisme, dimana setiap koloni berasal dari satu sel. Metode agar tuang, Berbeda dengan metode gores kuadran, cawan tuang menggunakan medium agar yang dicairkan dan didinginkan (50°C), yang kemudian dicawankan. Pengenceran tetap perlu dilakukan sehingga pada cawan yang terakhir mengandung koloni-koloni yang terpisah di atas permukaan/di dalam cawan.

2. Isolasi pada medium cair

Metode isolasi pada medium cair dilakukan bila mikroorganisme tidak dapat tumbuh pada agar cawan (medium padat), tetapi hanya dapat tumbuh pada kultur cair. Metode ini juga perlu dilakukan pengenceran dengan beberapa serial pengenceran. Semakin tinggi pengenceran peluang untuk mendapatkan satu sel semakin besar.

3 Isolasi sel tunggal

Metode isolasi sel tunggal dilakukan untuk mengisolasi sel mikroorganisme berukuran besar yang tidak dapat diisolasi dengan metode agar cawan/medium cair. Sel mikroorganisme dilihat dengan menggunakan perbesaran sekitar 100 kali. Kemudian sel tersebut dipisahkan dengan menggunakan pipet kapiler yang sangat halus ataupun micromanipulator, yang dilakukan secara aseptis.

a.2 Isolasi Mikroba

1. Setelah diperoleh biakan murni (koloni yang berasal dari sel tunggal), mikroorganisme tersebut siap dilakukan telaah dan identifikasi, dan kemudian ditumbuhkan sesuai tujuan.
2. Pertumbuhan pada mikroorganisme diartikan sebagai penambahan jumlah atau total massa sel yang melebihi inokulum asalnya. Telah dijelaskan pada bahasan sebelumnya, bahwa sistem reproduksi bakteri adalah dengan cara pembelahan biner melintang, satu sel membelah diri menjadi 2 sel anakan yang identik dan terpisah. Selang waktu yang dibutuhkan bagi sel untuk membelah diri menjadi dua kali lipat disebut sebagai waktu generasi.
3. Waktu generasi pada setiap bakteri tidak sama, ada yang hanya memerlukan 20 menit bahkan ada yang memerlukan sampai berjam-jam atau berhari-hari.

4. Bila bakteri diinokulasikan ke dalam medium baru, pembiakan tidak segera terjadi tetapi ada periode penyesuaian pada lingkungan yang dikenal dengan pertumbuhan. Kemudian akan memperbanyak diri (replikasi) dengan laju yang konstan, sehingga akan diperoleh kurva pertumbuhan.

a.3 Teknik pertumbuhan bakteri

.Media biak dan persyaratan bagi pertumbuhan

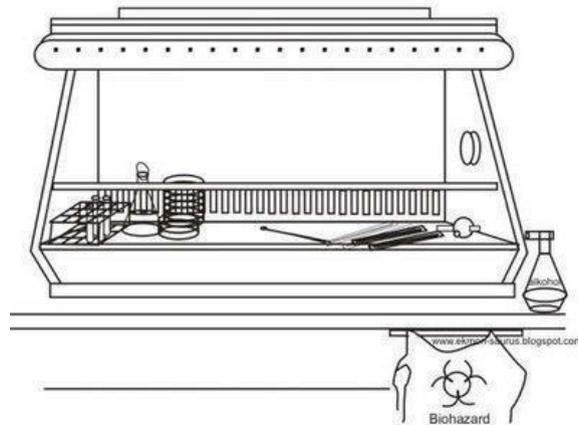
Untuk menumbuhkan dan mengembangbiakkan mikroorganisme diperlukan suatu substrat yang disebut media. Dikarenakan dengan media yang cocok, maka pertumbuhan mikroorganisme akan maksimal, subur dan cepat. Media biak (larutan biak) dapat di buat dari senyawa-senyawa tertentu. Media biak dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu:

Bila bakteri diinokulasikan ke dalam medium baru, pembiakan tidak segera terjadi tetapi ada periode penyesuaian pada lingkungan yang dikenal dengan pertumbuhan. Kemudian akan memperbanyak diri (replikasi) dengan laju yang konstan, sehingga akan diperoleh kurva pertumbuhan.

1. Media biak sintetik : media ini dibuat dari senyawa – senyawa kimia.
2. Media biak kompleks, media ini dibuat dari senyawa yang mengandung ekstrak ragi, otolitas ragi, pepton dan ekstrak daging.
3. Media biak padat, media ini dibuat dari larutan biak cair kemudian ditambahkan bahan pematat yang memberi konsistensi seperti selai pada larutan air.

Salah satu syarat untuk pertumbuhan mikroorganisme adalah kadar ion hidrogen yang ada dilingkungannya. Perubahan kadar yang kecil saja sudah mampu menimbulkan pengaruh yang besar. Alasan inilah yang amat penting untuk menggunakan nilai pH awal yang optimum dan mempertahankannya sepanjang pertumbuhan.

Organisme hidup paling baik pada pH 7. selain kadar ion hydrogen, dibutuhkan juga karbondioksida dan kadar air, suhu dan tekanan osmatik. Pertumbuhan mikroorganisme tergantung dari bahan-bahan makanan. Pada dasarnya larutan biak sekurang-kurangnya harus mengandung sebagai berikut :



B. Pertumbuhan Mikroorganisme

Pertumbuhan merupakan proses perubahan bentuk yang semula kecil kemudian menjadi besar. Pertumbuhan menyangkut penambahan volume dari individu itu sendiri. Pertumbuhan pada umumnya tergantung pada kondisi bahan makanan dan juga lingkungan. Apabila kondisi makanan dan lingkungan cocok untuk mikroorganisme tersebut, maka mikroorganisme akan tumbuh dengan waktu yang relatif singkat dan sempurna.

Pertumbuhan mikroorganisme yang bersel satu berbeda dengan mikroorganisme yang bersel banyak (multiseluler). Pada mikroorganisme yang bersel satu (uniseluler) pertumbuhan ditandai dengan bertambahnya sel tersebut.

Setiap sel tunggal setelah mencapai ukuran tertentu akan membelah menjadi mikroorganisme yang lengkap, mempunyai bentuk dan sifat fisiologis yang sama. Pertumbuhan jasad hidup, dapat ditinjau dari dua segi, yaitu pertumbuhan sel secara individu dan pertumbuhan kelompok sebagai satu populasi.

Pertumbuhan sel diartikan sebagai adanya penambahan volume serta bagian-bagian sel lainnya, yang diartikan pula sebagai penambahan kuantitas isi dan kandungan didalam selnya.

Pertumbuhan populasi merupakan akibat dari adanya pertumbuhan individu, misal dari satu sel menjadi dua, dari dua menjadi empat, empat menjadi delapan, dan seterusnya hingga berjumlah banyak.

Pada mikroorganisme, pertumbuhan individu (sel) dapat berubah langsung menjadi pertumbuhan populasi. Sehingga batas antara pertumbuhan sel sebagai individu serta satu kesatuan populasi yang kemudian terjadi kadang-kadang karena terlalu cepat perubahannya, sulit untuk diamati dan dibedakan.

Pada pertumbuhan populasi bakteri misalnya, merupakan penggambaran jumlah sel atau massa sel yang terjadi pada saat tertentu. Kadang-kadang didapatkan bahwa konsentrasi sel

sesuai dengan jumlah sel perunit volume, sedang kerapatan sel adalah jumlah materi perunit volume. Penambahan dan pertumbuhan jumlah sel mikroorganisme pada umumnya dapat digambarkan dalam bentuk kurva pertumbuhan.

Fase Pertumbuhan Mikroorganisme

Secara umum fase-fase pertumbuhan mikroorganisme adalah sebagai berikut:

1. Fase lag (Masa persiapan, Adaptasi, Adaptation phase)

Pada fase ini laju pertumbuhan belum memperlihatkan pertumbuhan ekponensial, tetapi dalam tahap masa persiapan. Hal ini tergantung dari kondisi permulaan, apabila mikroorganisme yang ditanami pada substrat atau medium yang sesuai, maka pertumbuhan akan terjadi. Namun sebaliknya apabila diinokulasikan mikroorganisme yang sudah tua meskipun makanannya cocok, maka pertumbuhannya mikroorganisme ini membutuhkan masa persiapan atau fase lag.

Waktu yang diperlukan pada fase ini digunakan untuk mensintesa enzim. Sehingga mencapai konsentrasi yang cukup untuk melaksanakan pertumbuhan ekponensial. Fase ini berlangsung beberapa jam hingga beberapa hari, tergantung dari jenis mikroorganisme serta lingkungan yang hidup.

Selama fase ini perubahan bentuk dan pertumbuhan jumlah individu tidak secara nyata terlihat. Karena fase ini dapat juga dinamakan sebagai fase adaptasi (penyesuaian) ataupun fase-pengaturan jasad untuk suatu aktivitas didalam lingkungan yang mungkin baru.

2. Fase tumbuh dipercepat (Logaritme, Eksponensial, Logaritma phase)

Pada setiap akhir persiapan sel mikroorganisme akan membelah diri. masa ini disebut masa pertumbuhan, yang setiap selnya tidak sama dalam waktu masa persiapan. Sehingga secara berangsur-angsur kenaikan jumlah populasi sel mikroorganisme ini mencapai masa akhir fase pertumbuhan mikroorganisme. Setelah setiap individu menyesuaikan diri dengan lingkungan baru selama fase lag, maka mulailah mengadakan perubahan bentuk dan meningkatkan jumlah individu sel sehingga kurva meningkat dengan tajam (menanjak). Peningkatan ini harus diimbangi dengan banyak faktor, antara lain:

- ❑ *Faktor biologis*, yaitu bentuk dan sifat jasad terhadap lingkungan yang ada, serta asosiasi kehidupan di antara jasad yang ada kalau jumlah jenis lebih dari sebuah.
- ❑ *Faktor non-biologis*, antara lain kandungan sumber nutrisi di dalam media, temperatur, kadar oksigen, cahaya, dan lain sebagainya. Kalau faktor-faktor di atas optimal, maka peningkatan kurva akan nampak tajam seperti gambar. Pada fase ini pertumbuhan secara teratur telah tercapai. Maka pertumbuhan secara ekponensial akan tercapai. Pada fase ini menunjukkan kemampuan mikroorganisme berkembang biak secara maksimal.
- ❑ Setiap sel mempunyai kemampuan hidup dan berkembang biak secara tepat. Fase pengurangan pertumbuhan akan terlihat berupa keadaan puncak dari fase logaritmik

sebelum mencapai fase stasioner, dimana penambahan jumlah individu mulai berkurang atau menurun yang disebabkan oleh banyak faktor, antara lain berkurangnya sumber nutrisi di dalam media tercapainya jumlah kejenuhan pertumbuhan jasad.

- ❑ Fase tumbuh reda akan terlihat dimana fase logaritma mencapai puncaknya, maka zat-zat makanan yang diproduksi oleh setiap sel mikroorganisme akan mengakibatkan pertumbuhan mikroorganisme, sehingga pada masa pertumbuhan ini reda atau dikatakan sebagai fase tumbuh reda.

3. Fase Stasioner

- ❑ Pengurangan sumber nutrisi serta faktor –faktor yang terkandung di dalam jasadnya sendiri, maka sampailah puncak aktivitas pertumbuhan kepada titik yang tidak bisa dilampaui lagi, sehingga selama fase ini, gambaran grafik seakan mendatar. Populasi jasad hidup di dalam keadaan yang maksimal stasioner yang konstan.

4. Fase Kematian

- ❑ Fase ini diawali setelah jumlah mikroorganisme yang dihasilkan mencapai jumlah yang konstan, sehingga jumlah akhir mikroorganisme tetap maksimum pada masa tertentu. Setelah masa dilampaui, maka secara perlahan-lahan jumlah sel yang mati melebihi jumlah sel yang hidup.

C. Metabolit yang dihasilkan bakteri

- ❑ Dalam proses metabolisme ada zat² yang masuk atau zat-zat yang disusun dan ada pula zat-zat yang dibongkar dan kemudian dikeluarkan sisa-sisanya. Zat yang disusun maupun zat yang dihasilkan dalam penguraian itu disebut metabolit yaitu hasil metabolit.
- ❑ Bakteri memiliki zat-zat tertentu, baik untuk mengambil zat-zat makan maupun untuk membongkarnya.
- ❑ Zat-zat itu secara umum disebut *sekret* yaitu hasil *sekresi*

1. Gas-Gas yang dapat dihasilkan bakteri

- ❑ Gas-gas yang timbul sebagai hasil pembongkaran (fermentasi, respirasi) oleh bakteri dapat berupa karbon dioksida (CO₂), hidrogen (H₂), Metan (CH₄), nitrogen (N₂), hidrogen sulfida (H₂S), amoniak (NH₃).

a) Karbondioksida (CO₂)

Gas ini muncul sebagai hasil-hasil pernapasan aerob maupun anaerob.

b) Hidrogen (H₂)

Gas ini biasanya timbul bersama-sama dengan CO₂ sebagai hasil penguraian karbohidrat atau asam-asam amino. *Escherichia coli* dalam keadaan tertentu dapat menguraikan asam semut (HCOOH) menjadi CO₂ dan H₂.

c) Metan (CH₄)

Methanobacterium omelianski dalam keadaan anaerob menghasilkan metan.
CH₃COOH CH₄ + CO₂

d) Hidrogen Sulfida (H₂S)

Bakteri yang banyak menghasilkan hidrogen sulfida ialah *Desulfovibrio desulfuricans*.

f) Amoniak (NH₃)

Proses deaminasi dimulai dengan pembokaran protein menjadi asam amino, kemudian asam amino itu oleh bakteri dapat dibongkar menjadi amoniak dan zat lain. Sebagai contoh *Clostridium sporogenes*.

2. Asam –asam yang dihasilkan oleh bakteri

Asam yang timbul akibat kegiatan bakteri dapat berupa asam organik dan asam anorganik. Asam-asam ini ada yang berubah jadi garam ada pula yang digunakan mikroorganisme lain. Manusia dapat menggunakannya dan inilah tujuan bakteriologi Perusahaan.

Asam-asam yang terkenal sebagai hasil kegiatan bakteri adalah asam belerang, asam nitrat, asam susu, asam cuka dan asam lemak.

a) Asam Belerang (H₂SO₄)

Asam belerang ialah suatu asam anorganik. Bakteri-bakteri yang melakukan proses ini sebetulnya tidak memerlukan lingkungan asam namun diketahui bahwa satu spesies diantaranya *Thiobacillus thiooxidans* dapat hidup disuatu lingkungan yang mempunyai pH kurang dari pada 0,5 akan tetapi pH yang optimum adalah 2 sampai 3,5.

c) Asam susu (CH₃CHOH.COOH)

Asam organik ini terdapat sebagai hasil penguraian bermacam-macam zat organik. Fermentasi Karbohidrat terutama gula, oleh bakteri asam susu, menghasilkan asam susu. Gula laktosa yang terdapat didalam susu merupakan substrat yang bagi *Lactobacillus* dan *streptococcus*. Yang pertama menghasilkan 1% asam susu sebelum mencapai pH yang menekannya yang kedua menghasilkan asam susu sampai 4%. Asam susu yang timbul didalam mulut karena kegiatan bakteri dapat merusak gigi.

3. Toksin yang dihasilkan oleh bakteri.

Beberapa spesies menghasilkan zat yang merupakan racun bagi makhluk hidup disekitarnya. Racun ini ada yang dikeluarkan dari sel, dan oleh karena itulah racun ini disebut eksotoksin. Adapula racun yang tidak dikeluarkan, akan tetapi tetap terimpan didalam sel.

Racun yang demikian disebut endotoksin. Endotoksin tidak berbahaya selama masih ada didalam sel bakteri.

BAB VI. FUNGI

Di dalam dunia mikrobial, jamur termasuk divisio Mycota (fungi). Mycota berasal dari kata mykes (bahasa Yunani), disebut juga fungi (bahasa Latin). Ada beberapa istilah yang dikenal untuk menyebut jamur, (a) mushroom yaitu jamur yang dapat menghasilkan badan buah besar, termasuk jamur yang dapat dimakan, (b) mold yaitu jamur yang berbentuk seperti benang-benang, dan (c) khamir yaitu jamur bersel satu.

Jamur merupakan jasad eukariot, yang berbentuk benang atau sel tunggal, multiseluler atau uniseluler. Sel-sel jamur tidak berklorofil, dinding sel tersusun dari khitin, dan belum ada diferensiasi jaringan. Jamur bersifat kemoorganoheterotrof karena memperoleh energi dari oksidasi senyawa organik. Jamur memerlukan oksigen untuk hidupnya (bersifat aerobik).

Habitat (tempat hidup) jamur terdapat pada air dan tanah. Cara hidupnya bebas atau bersimbiosis, tumbuh sebagai saprofit atau parasit pada tanaman, hewan dan manusia.

A. Morfologi Jamur Benang

Jamur benang terdiri atas massa benang yang bercabang-cabang yang disebut miselium. Miselium tersusun dari hifa (filamen) yang merupakan benang-benang tunggal. Badan vegetatif jamur yang tersusun dari filamen-filamen disebut thallus. Berdasarkan fungsinya dibedakan dua macam hifa, yaitu hifa fertil dan hifa vegetatif. Hifa fertil adalah hifa yang dapat membentuk sel-sel reproduksi atau spora-spora. Apabila hifa tersebut arah pertumbuhannya keluar dari media disebut hifa udara. Hifa vegetatif adalah hifa yang berfungsi untuk menyerap makanan dari substrat.

Berdasarkan bentuknya dibedakan pula menjadi dua macam hifa, yaitu hifa tidak berseptum dan hifa berseptum. Hifa yang tidak berseptum merupakan ciri jamur yang termasuk Phycomycetes (Jamur tingkat rendah). Hifa ini merupakan sel yang memanjang, bercabang-cabang, terdiri atas sitoplasma dengan banyak inti (soenositik). Hifa yang berseptum merupakan ciri dari jamur tingkat tinggi, atau yang termasuk Eumycetes. B. Perkembangbiakan jamur

Jamur dapat berkembang biak secara vegetatif (aseksual) dan generatif (seksual). Perkembang biakan aseksual dapat dilakukan dengan fragmentasi miselium (thalus) dan pembentukan spora aseksual. Ada 4 cara perkembang biakan dengan fragmentasi thalus yaitu, (a) dengan pembentukan tunas, misalnya pada khamir, (b) dengan blastospora, yaitu tunas yang tumbuh menjadi spora, misalnya pada *Candida* sp., (c) dengan arthrospora (oidium), yaitu terjadinya segmentasi pada ujung-ujung hifa, kemudian sel-sel membulat dan akhirnya lepas menjadi spora, misalnya pada *Geotrichum* sp., dan (d) dengan chlamydospora, yaitu pembulatan dan penebalan dinding sel pada hifa vegetatif, misalnya pada *Geotrichum* sp.

Spora aseksual terbentuk melalui 2 cara. Pada jamur tingkat rendah, spora aseksual terbentuk sebagai hasil pembelahan inti berulang-ulang. Misalnya spora yang terbentuk di dalam sporangium. Spora ini disebut sporangiospora. Pada jamur tingkat tinggi, terbentuk spora yang disebut konidia. Konidi terbentuk pada ujung konidiofor, terbentuk dari ujung hifa atau dari konidi yang telah terbentuk sebelumnya.

Perkembang biakan secara seksual, dilakukan dengan pembentukan spora seksual dan peleburan gamet (sel seksual). Ada dua tipe kelamin (mating type) dari sel seksual, yaitu tipe kelamin + (jantan) dan tipe kelamin - (betina). Peleburan gamet terjadi antara 2 tipe kelamin yang berbeda. Proses reproduksi secara seksual dibagi menjadi 3 tingkatan, yaitu: (a) plasmogami yaitu meleburnya 2 plasma sel, (b) kariogami yaitu meleburnya 2 inti haploid

yang menghasilkan satu inti diploid, dan (c) meiosis yaitu pembelahan reduksi yang menghasilkan inti haploid.

Bentuk dan cara reproduksi jamur sangat beraneka ragam, dan dapat digunakan sebagai dasar untuk mengklasifikasikan jamur tersebut.

C. Klasifikasi jamur

Ada beberapa klasifikasi jamur, yaitu Acrasiomycetes (Jamur lendir selular), Myxomycetes (Jamur lendir sejati), Phycomycetes (Jamur tingkat rendah), dan Eumycetes (Jamur tingkat tinggi). Eumycetes terdiri atas 3 klasifikasi yaitu Ascomycetes, Basidiomycetes, dan Deuteromycetes (Fungi imperfecti).

Sistem tata nama jamur menggunakan nama binomial, yang terdiri nama genus dan nama spesifik / spesies. Nama famili dengan akhiran –aceae, nama order dengan akhiran –ales, dan nama klasifikasi dengan akhiran –mycetes.

1. ACRASIOMYCETES

Jamur ini merupakan kelompok jamur lendir selular, yang hidup bebas di dalam tanah, biasanya diisolasi dari tanah humus. Bentuk vegetatifnya berupa sel berinti satu yang amoeboid, seperti protozoa uniselular atau merupakan amoeba haploid, dan disebut juga pseudoplasmodium.

Ciri-ciri sel jamur ini adalah dapat bergerak di atas media padat (pseudopodia), makan dengan cara fagositosis, misalnya dengan memakan bakteri. Sifatnya yang mirip fungi adalah adanya stadium badan buah, dan terbentuknya spora. Struktur spora seperti bentuk kista dari amoeba. Perkembang biakan jamur ini dimulai dari berkecambahnya spora, kemudian sel memperbanyak diri membentuk pseudoplasmodium, selanjutnya sel-sel beragregasi dan akan membentuk badan buah, akhirnya terbentuk sporokarp yang menghasilkan spora kembali. Contoh jamur ini adalah *Dictyostelium mucoroides* dan *D. discoideum*.

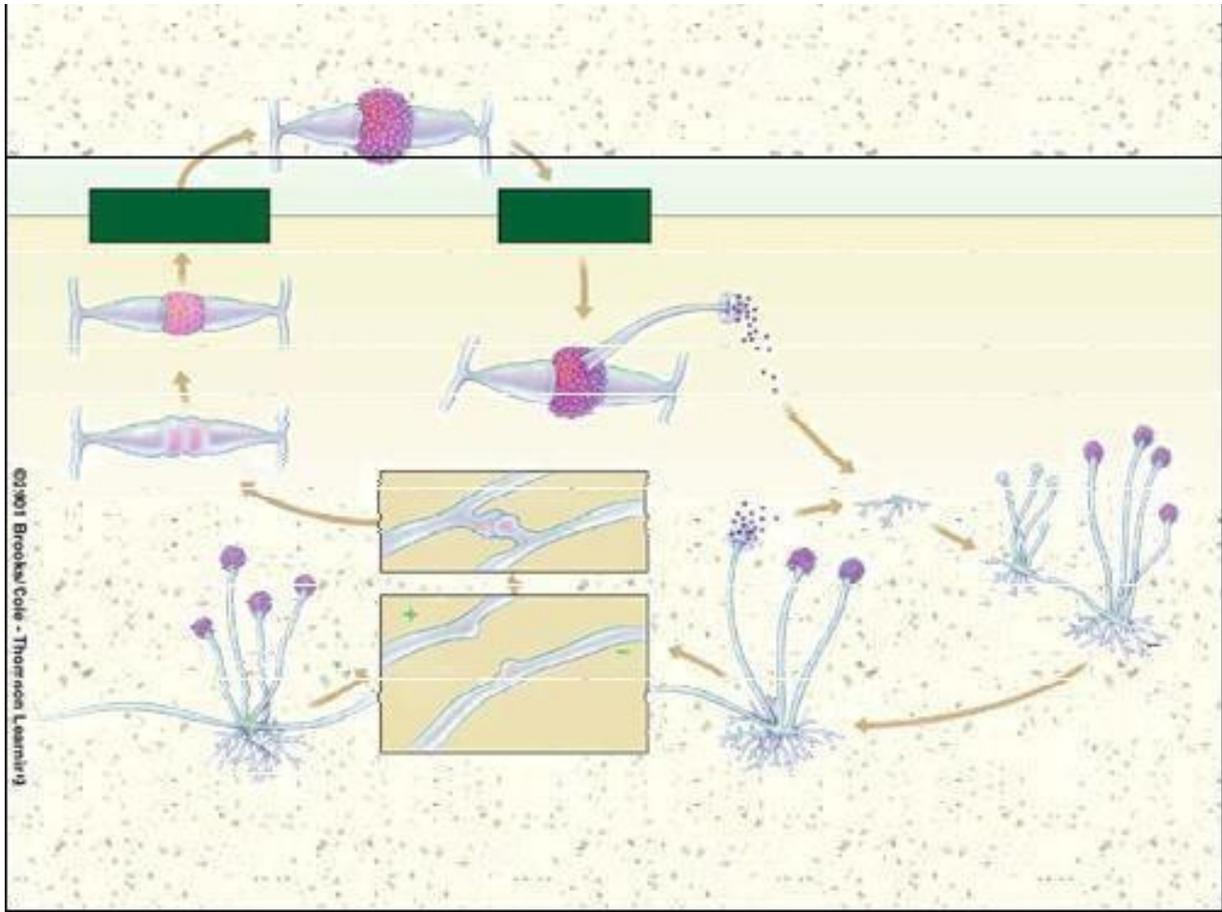
2. MYXOMYCETES

Jamur ini merupakan jamur lendir sejati. Jamur ini dapat ditemukan pada kayu terombak, guguran daun, kulit kayu, dan kayu. Bentuk vegetatifnya disebut plasmodium. Plasmodium merupakan masa sitoplasma berinti banyak dan tidak dibatasi oleh dinding sel yang kuat. Sel-selnya mempunyai gerakan amoeboid di atas substrat. Cara makan dengan fagositosis. Apabila plasmodium merayap ke tempat yang kering, akan terbentuk badan buah. Badan buah menghasilkan spora berinti satu yang diselubungi dinding sel. Spora berasal dari inti-inti plasmodium. Struktur pada semua stadium sama, yaitu seperti sel soenositik dengan adanya aliran sitoplasma.

Perkembang biakan jamur ini dimulai dari sel vegetatif haploid hasil perkecambahan spora. Sel tersebut setelah menggandakan diri akan mengadakan plasmogami dan kariogami yang menghasilkan sel diploid. Sel diploid yang berkembang menjadi plasmodium yang selnya multinukleat tetapi uniselular, selanjutnya membentuk badan buah yang berbentuk sporangium. Sporangium tersebut menghasilkan spora haploid. Contoh jamur ini adalah *Lycogala epidendron*, *Cribraria rufa*, dan *Fuligo septica*.

3. PHYCOMYCETES

Jamur ini termasuk jamur benang yang mempunyai hifa tidak bersepta, sel vegetatif multinukleat, atau disebut thalus soenositik. Secara vegetatif dapat memperbanyak diri dengan potongan-potongan hifa, dan menghasilkan spora aseksual dalam sporangium (sporangiospora). Perkembang biakan secara generatif dengan membentuk spora seksual. Berdasarkan cara terbentuknya spora dibagi menjadi 2 macam, (a) Oospora, hasil peleburan antara gamet-gamet yang tidak sama besarnya, dan (b) Zygospora, hasil peleburan gamet-gamet yang sama besarnya. Berdasarkan tipe sporanya maka jamur ini juga dapat dikelompokkan dalam Oomycetes dan Zygomycetes.



Contoh jamur yang termasuk klas Oomycetes adalah Saprolegnia sp. (jamur air). dan jamur patogen seperti Phytophthora infestans (penyebab penyakit potato blight), Plasmopora viticola (penyebab penyakit embun tepung pada tanaman). Jamur yang termasuk Zygomycetes ada 3 order, yaitu Mucorales, Entomophthorales, dan Zoopagales. Jamur yang penting dari kelompok Mucorales adalah Mucor sp. dan Rhizopus sp. Rhizopus nigricans adalah jamur roti, R. oryzae, R. oligosporus, dan R. stolonifer adalah jamur yang biasa digunakan pada fermentasi tempe.

4. ASCOMYCETES

Ciri jamur ini mempunyai hifa bersepta, dan dapat membentuk konidiofor. Secara vegetatif dapat berkembang biak dengan potongan hifa, dan pada beberapa jenis dapat menghasilkan konidia secara aseksual. Fase konidi jamur ini disebut juga fase imperfect. Fungi yang hanya dalam bentuk fase imperfect disebut fungi imperfecti (Deuteromycetes). Secara generatif dapat membentuk badan buah yang disebut askokarp, yang di dalamnya terdapat askus (kantong) yang menghasilkan askospora. Askospora merupakan hasil kariogami dan meiosis. Pembentukan askospora ada 4 cara, yaitu:

1. Konyugasi langsung seperti pada khamir.
2. Pembelahan sel miselium.
3. Peleburan sel-sel kelamin kemudian oogonium menjadi askus.
4. Dari hife askogen timbul organ-organ tertentu yang mengandung inti rangkap.

Berdasarkan bentuknya dapat dibedakan 3 macam askus, yaitu:

(a) Cleistothecium, bentuknya bulat, kasar dan tidak mempunyai lubang khusus untuk jalan keluarnya spora.

(b) Perithecium, bentuk bulat seperti labu, mempunyai ostiol untuk jalan keluarnya spora.

(c) Apothecium, bentuk seperti cawan atau mangkuk, bagian permukaan terdiri atas himenium yang mengandung askus-askus dalam lapisan palisade, dari lapisan tersebut dapat dilepaskan askospora.

Contoh jamur ini yang penting adalah genus *Aspergillus* dan *Penicillium*. Jamur ini umumnya dapat menghasilkan pigmen hitam, coklat, merah, dan hijau. Pigmen tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis-jenis jamur tersebut. Jamur ini umumnya dapat merombak bahan organik seperti kayu, buah, kulit, dan sisa-sisa tanaman. Spesies seperti *P. roqueforti* dan *P. camemberti* dapat digunakan untuk flavour (aroma). *Penicillium notatum* dan *Penicillium chrysogenum* untuk produksi

antibiotik penisilin. Jamur *Aspergillus niger* untuk fermentasi asam sitrat, *Aspergillus oryzae* dan *Aspergillus wentii* untuk fermentasi kecap.

5. BASIDIOMYCETES

Ciri khusus jamur ini yaitu mempunyai basidium yang berbentuk seperti gada, tidak bersekat, dan mengandung 4 basidiospora di ujungnya. Pada jamur tertentu mempunyai himenium atau lapisan-lapisan dalam badan buah. Hymenium terdapat pada mushroom, maka disebut juga Hymenomycetes

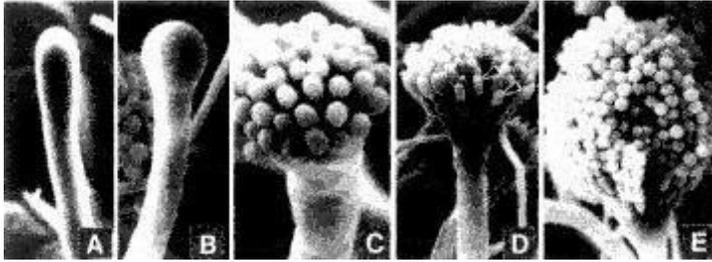
6. DEUTEROMYCETES (FUNGI IMPERFECTI)

Semua jamur yang tidak mempunyai bentuk (fase) seksual dimasukkan ke dalam kelas Deuteromycetes. Jamur ini merupakan bentuk konidial dari kelas Ascomycetes, dengan askus tidak bertutup atau hilang karena evolusi. Jamur ini juga tidak lengkap secara seksual, atau disebut paraseksual. Proses plasmogami, kariogami dan meiosis ada tetapi tidak terjadi pada lokasi tertentu dari badan vegetatif, atau tidak terjadi pada fase perkembangan tertentu.

Miseliumnya bersifat homokariotik. Contoh

jamur ini adalah beberapa spesies *Aspergillus*, *Penicillium*, dan *Monilia*.



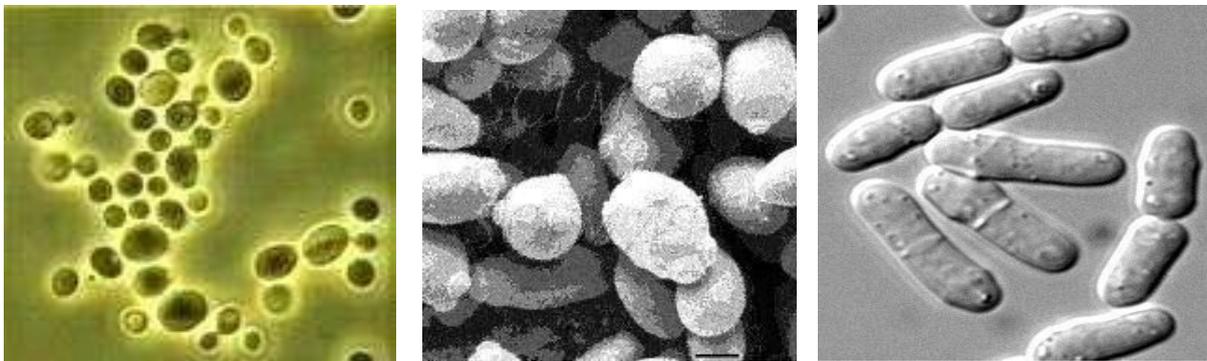


Aspergillus sp.

B. KHAMIR

Khamir atau disebut yeast, merupakan jamur bersel satu yang mikroskopik, tidak berflagela. Beberapa genera membentuk filamen (pseudomiselium). Cara hidupnya sebagai saprofit dan parasit. Hidup di dalam tanah atau debu di udara, tanah, daun-daun, nektar bunga, permukaan buah-buahan, di tubuh serangga, dan cairan yang mengandung gula seperti sirup, madu dan lain-lain.

Khamir berbentuk bulat (sferoid), elips, batang atau silindris, seperti buah jeruk, sosis, dan lain-lain. Bentuknya yang tetap dapat digunakan untuk identifikasi. Khamir dapat dimasukkan ke dalam klas Ascomycetes, Basidiomycetes dan Deuteromycetes.



Sel khamir

1. Perkembang biakan sel khamir

Perkembang biakan sel khamir dapat terjadi secara vegetatif maupun secara generatif (seksual). Secara vegetatif (aseksual), (a) dengan cara bertunas (*Candida* sp., dan khamir pada umumnya), (b) pembelahan sel (*Schizosaccharomyces* sp.), dan (c) membentuk spora aseksual (klas Ascomycetes). Secara generatif dengan carakonyugasi (reproduksi seksual). Konyugasi khamir ada 3 macam, yaitu (a) konyugasi isogami (*Schizosaccharomyces octosporus*), (b) konyugasi heterogami (*Zygosaccharomyces priorianus*), dan konyugasi askospora pada *Zygosaccharomyces* sp. dan *Schizosaccharomyces* sp. (sel vegetatif haploid), serta pada *Saccharomyces* sp., dan *Saccharomycodes* sp. (sel vegetatif diploid).

2. Identifikasi khamir

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mengidentifikasi khamir adalah:

1. Ada tidaknya askospora, kalau ada bagaimana pembentukannya (konyugasi isogami, heterogami, atau konyugasi askospora), bentuk, warna, ukuran, dan jumlah spora.
2. Bentuk, warna, dan ukuran sel vegetatifnya.
3. Cara reproduksi aseksual (bertunas, membelah, dsb)
4. Ada tidaknya filamen atau pseudomiselium.

5. Pertumbuhan dalam medium dan warna koloninya.
6. Sifat-sifat fisiologi, misalnya sumber karbon (C) dan nitrogen (N), kebutuhan vitamin, bersifat oksidatif atau fermentatif, atau keduanya, lipolitik, uji pembentukan asam, penggunaan pati, dan lain-lain.

C. Kapang

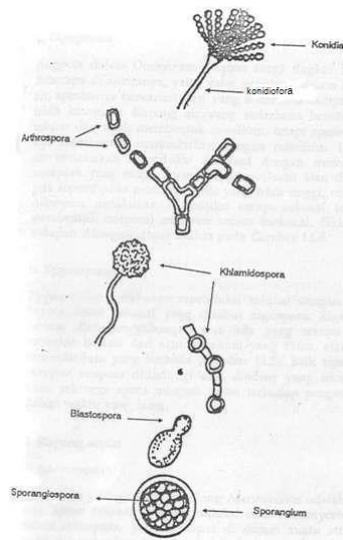
Kapang merupakan kelompok mikroba yang tergolong ke dalam fungi (mikologi). Organisme ini merupakan organisme heterotrofik dan memerlukan senyawa organik untuk kebutuhan nutrisinya. Kapang sangat berperan penting dalam industri fermentasi dan produksi antibiotik seperti penisilin.

Morfologi Kapang



Kapang (Mold)

Kapang (Mold) adalah fungi multiseluler yang mempunyai filamen, dan pertumbuhannya pada substrat mudah dilihat karena penampakkannya yang berserabut seperti kapas. Pertumbuhannya mula-mula berwarna putih, tetapi jika spora telah timbul akan terbentuk berbagai warna tergantung dari jenis kapang (Ali, 2005). Menurut Fardiaz (1992), kapang terdiri dari suatu thallus yang tersusun dari filamen yang bercabang yang disebut hifa. Kumpulan dari hifa membentuk suatu jalinan yang disebut miselium. Setiap hifa memiliki lebar 5-10 μm (Pelczar dan Chan, 1986). Menurut Fardiaz (1992), dan Waluyo (2004), kapang dapat dibedakan menjadi 2 kelompok berdasarkan struktur hifa, yaitu hifa tidak bersekat atau nonseptat dan hifa bersekat atau septat. Septat akan membagi hifa menjadi bagian-bagian, dimana setiap bagian tersebut memiliki inti (*nukleus*) satu atau lebih. Kapang yang tidak memiliki septat maka inti sel tersebar di sepanjang hifa. Dinding penyekat pada kapang disebut dengan septum yang tidak tertutup rapat sehingga sitoplasma masih dapat bebas bergerak dari satu ruang ke ruang lainnya. Kapang yang bersekat antara lain kelas *Ascomycetes*, *Basidiomycetes* dan *Deuteromycetes*. Sedangkan kapang yang tidak bersekat yaitu kelas *Phycomycetes* (*Zygomycetes* dan *Oomycetes*).



Reproduksi Kapang

Secara alamiah kapang berkembang biak dengan berbagai cara, baik aseksual dengan pembelahan, penguncupan, atau pembentukan spora. Dapat pula secara seksual dengan peleburan nukleus dari kedua induknya. Pada pembelahan, suatu sel membelah diri untuk membentuk dua sel anak yang serupa. Pada penguncupan suatu sel anak tumbuh dari penonjolan kecil pada sel inangnya (Waluyo, 2004). Menurut Fardiaz (1992), secara aseksual spora kapang diproduksi dalam jumlah banyak, berukuran kecil dan ringan, serta tahan terhadap keadaan kering. Spora ini mudah beterbangan di udara, dan bila berada pada substrat yang cocok, maka spora tersebut tumbuh menjadi miselium baru.

Spora aseksual yaitu:

1. **Konidiospora atau konidia**, yaitu spora yang dibentuk di ujung atau di sisi suatu hifa. Konidia kecil dan bersel satu disebut disebut mikrokonidia. Sedangkan konidia besar dan banyak disebut makrokonidia.
2. **Sporangiospora**. Spora bersel satu, terbentuk di dalam kantung spora yang disebut sporangium di ujung hifa khusus yang disebut sporangiofora.
3. **Oidium atau arthrospora**, spora bersel satu ini terjadi karena segmentasi pada ujung-ujung hifa. Sel-sel tersebut selanjutnya membulat dan akhirnya melepaskan diri sebagai spora.
4. **Klamidospora**, spora ini ber dinding tebal, dan sangat resisten terhadap keadaan yang buruk yang terbentuk pada sel-sel hifa vegetatif.
5. **Blastospora**, terbentuk dari tunas pada miselium yang kemudian tumbuh menjadi spora. Juga terjadi pada pertunasan sel-sel khamir. (Ali, 2005).

Perkembangbiakan secara generatif atau seksual dilakukan dengan *isogamet* atau *heterogamet*. Pada beberapa spesies perbedaan morfologi antara jenis kelamin belum nampak sehingga semua disebut isogamet. Tapi pada beberapa spesies mempunyai perbedaan gamet besar dan kecil sehingga disebut *mikrogamet* (sel kelamin jantan) dan *makrogamet* (sel kelamin betina).

Spora seksual yaitu:

1. **Askospora.** Spora bersel satu terbentuk di dalam kantung yang disebut dengan askus. Biasanya terdapat 8 askospora di dalam setiap askus.
2. **Basidiospora.** Spora bersel satu terbentuk pada gada yang dinamakan basidium.
3. **Zigospora.** Spora besar dan berdinding tebal yang terbentuk apabila ujung-ujung dua hifa yang secara seksual serasi dinamakan gametangia.
4. **Oospora.** Spora terbentuk di dalam struktur betina khusus yang disebut oogonium. Pembuahan telur atau oosfer oleh gamet jantan di anteridium menghasilkan oospora. Dalam setiap oogonium terdapat satu atau lebih oosfer.

Sifat Fisiologi Kapang

Sifat Fisiologi Kapang

1. Kebutuhan air

Kebanyakan kapang membutuhkan air minimal untuk pertumbuhannya dibandingkan dengan khamir dan bakteri (Waluyo, 2004). Air merupakan pelarut esensial yang dibutuhkan bagi semua reaksi biokimiawi dalam sistem hidup dan sekitar 90% menyusun berat basah sel (Ali, 2005).

2. Suhu pertumbuhan

Kebanyakan kapang bersifat mesofilik, yaitu mampu tumbuh baik pada suhu kamar. Suhu optimum pertumbuhan untuk kebanyakan kapang adalah sekitar 25-30°C, tetapi beberapa dapat tumbuh pada suhu 35-37°C atau lebih. Beberapa kapang bersifat psikotrofik yakni dapat tumbuh baik pada suhu lemari es, dan beberapa bahkan masih dapat tumbuh lambat pada suhu dibawah suhu pembekuan, misal -5 sampai -10°C, selain itu beberapa kapang bersifat termofilik yakni mampu tumbuh pada suhu tinggi (Waluyo, 2004).

3. Kebutuhan oksigen dan pH

Semua kapang bersifat aerobik, yakni membutuhkan oksigen dalam pertumbuhannya. Kebanyakan kapang dapat tumbuh baik pada pH yang luas, yakni 2,0-8,5, tetapi biasanya pertumbuhannya akan baik bila pada kondisi asam atau pH rendah (Waluyo, 2004).

4. Nutrien

Waluyo (2004) menyatakan nutrisi sangat dibutuhkan kapang untuk kehidupan dan pertumbuhannya, yakni sebagai sumber karbon, sumber nitrogen, sumber energi, dan faktor pertumbuhan (mineral dan vitamin). Nutrien tersebut dibutuhkan untuk membentuk energi dan menyusun komponen-komponen sel. Kapang dapat menggunakan berbagai komponen sumber makanan, dari materi yang sederhana hingga materi yang kompleks. Kapang mampu memproduksi enzim hidrolitik, seperti amilase, pektinase, proteinase dan lipase. Maka dari itu kapang mampu tumbuh pada bahan yang mengandung pati, pektin, protein atau lipid.

5. Komponen penghambat

Beberapa kapang mengeluarkan komponen yang dapat menghambat pertumbuhan organisme lainnya. Komponen ini disebut antibiotik, misalnya penisilin yang diproduksi oleh *Penicillium chrysogenum*, dan clavasin yang diproduksi oleh *Aspergillus clavatus*. Sebaliknya, beberapa komponen lain bersifat mikostatik atau fungistatik, yaitu menghambat

pertumbuhan kapang, misalnya asam sorbat, propionat dan asetat, atau bersifat fungisidal yaitu membunuh kapang (Fardiaz, 1992).

DAFTAR PUSTAKA

1. Madigan et al., 1995. Biology of microorganisms, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
2. Schlegel, H.G., 1986. General microbiology, Cambridge University Press, Cambridge.
3. Stanier, R.Y., E.A. Adelberg, J.L. Ingraham, 1980. The Microbial World, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
4. Metting, F.B. (1993). Soil Microbial Ecology. Applications in Agriculture and Environment Management. Marcel Dekker. Inc. NY
5. Ali, A., 2005. Mikrobiologi Dasar Jilid I. State University of Makassar Press. Makassar.
6. Fardiaz, S., 1992. Mikrobiologi Pangan 1. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
7. Pelczar, M.J dan E.C.S. Chan., 1986. Dasar-dasar Mikrobiologi I. Diterjemahkan oleh Hadioetomo, dkk. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
8. Waluyo, L., 2004. Mikrobiologi Umum. UMM Press. Malang.