

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Media Pertumbuhan

1. Pengertian

Media merupakan suatu bahan yang berisi campuran dasar berupa nutrient yang biasanya digunakan untuk menumbuhkan dan membiakan mikroba. Mikroba dapat diisolasi, diperbanyak, sifat fisiologisnya diuji, dan jumlahnya dihitung menggunakan berbagai jenis media. Media juga dapat digunakan sebagai media transport mikroba ke tempat pemeriksaan mikrobiologi (Kasiyati dkk., 2023). Mikroorganisme memerlukan nutrisi berupa unsur makro dan mikro yang terdapat dalam media untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangannya. Setiap mikroorganisme memerlukan nutrisi yang berbeda-beda oleh karena itu media pertumbuhan yang digunakan harus sesuai dengan jenis spesies yang akan dikembangkan (Atmanto dkk., 2022). Faktor-faktor seperti nutrisi, oksigen, kelembaban, pH, dan suhu dalam media sangat penting untuk pertumbuhan mikroorganisme yang optimal (Kasiyati dkk., 2023).

2. Macam-macam media

Menurut (Atmanto dkk., 2022) media pertumbuhan mikroorganisme dapat dikelompokkan berdasarkan bentuk, fungsi dan bahan yang digunakan.

a. Berdasarkan bentuk

1) Media cair

Media cair adalah jenis media yang tidak memakai bahan pematik seperti agar atau gelatin. Media ini umum digunakan untuk menumbuhkan mikroalga. Contoh media yang tergolong dalam media cair adalah Nutrient Broth dan Lactose Broth

(Hafsan, 2014). Media cair biasanya tidak digunakan untuk isolasi mikroba atau mempelajari koloni mikroorganisme (Kasiyati dkk., 2023).

2) Media semi padat

Media semi padat mengandung sebanyak 0,5% agar atau gelatin. Hal ini menyebabkan media memiliki tekstur seperti jeli, tidak sepenuhnya padat, dan juga tidak terlalu cair (Kasiyati dkk., 2023). Tujuan pembuatan media semi padat ini adalah untuk memungkinkan pertumbuhan mikroba menyebar secara merata di seluruh media, namun tidak tercampur sempurna jika digoyangkan. Pada media NfB (Nitrogen free Bromthymol Blue) semisolid, munculnya cincin hijau kebiruan di bawah permukaan menandai pertumbuhan bakteri. Cincin ini rapuh dan mudah rusak jika media yang digunakan berbentuk cair Selain itu tujuan dari media semi solid adalah untuk menekan difusi oksigen (Atmanto dkk., 2022).

3) Media padat

Media padat dibuat dengan menambahkan agar atau gelatin sebanyak 1,5-2,0% sebagai bahan pematat (Kasiyati dkk., 2023). Media padat membantu mempertahankan sel untuk tidak berpindah tempat sehingga perhitungan dan pemisahan jenis koloni mudah (Hafsan, 2014). Salah satu contoh media padat adalah media Nutrient Agar (NA). berdasarkan bentuk dan wadahnya media padat dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu media tegak, media miring, dan media lempeng. Media ini umum digunakan untuk mengembangbiakkan berbagai mikroorganisme, termasuk bakteri, ragi, jamur, dan beberapa jenis mikroalga (Atmanto dkk., 2022).

b. Berdasarkan fungsi

1) Media basal (media dasar)

Media basal merupakan jenis media umum yang dapat menumbuhkan hampir semua mikroba. Contoh dari media basal adalah Nutrient Broth, Nutrient Agar dan Kaldu Pepton. Media ini berperan penting dalam proses isolasi awal mikroorganisme (Kasiyati dkk., 2023).

2) Media non selektif

Media non selektif mendukung pertumbuhan beragam jenis mikroorganisme dengan kecepatan pertumbuhan yang relatif tinggi. Contoh media BHIB dan Nutrient Agar, media ini umum digunakan untuk mengembangkan bakteri yang akan diidentifikasi lebih lanjut (Atmanto dkk., 2022).

3) Media selektif

Media selektif umumnya dirancang untuk memilih pertumbuhan mikroorganisme tertentu, baik berdasarkan kelompok, genus, maupun spesiesnya. Contohnya adalah EMB agar yang digunakan untuk menyeleksi *E. coli* (Hafsan, 2014). Media ini menggunakan gula sebagai sumber karbon untuk mencapai selektivitas. Selain itu, zat pewarna, antibiotik, garam, atau inhibitor spesifik dapat ditambahkan untuk memengaruhi metabolisme atau sistem enzim organisme (Atmanto dkk., 2022). Media selektif yang berbentuk padat karena menggunakan agar, memungkinkan pemisahan dan isolasi masing-masing koloni bakteri. Contoh dari media selektif adalah Thayer Martin agar, Lowenstein Jensen agar (Kasiyati dkk., 2023).

4) Media diferensial

Media diferensial digunakan untuk membedakan jenis-jenis mikroorganisme yang tumbuh bersama dan memiliki kemiripan. Media diferensial mengandung zat pewarna atau bahan kimia yang memungkinkan identifikasi dan perbedaan organisme melalui perubahan karakteristik atau pola pertumbuhan yang dihasilkan. Hasil yang teramati dapat berupa perbedaan bentuk dan ukuran koloni. Perbedaan ini penting untuk membedakan dan mengidentifikasi jenis bakteri (Kasiyati dkk., 2023). Contoh dari media diferensial adalah MSA, MCA, EMBA, dan HE (Atmanto dkk., 2022).

5) Media diperkaya

Media diperkaya dirancang khusus untuk menumbuhkan mikroorganisme tertentu. Kandungan nutrisinya disesuaikan untuk mendukung pertumbuhan mikroba yang diinginkan. Sebagai contoh, kaldu selenit digunakan untuk mengisolasi bakteri *Salmonella typhi* dari sampel tinja. Media diperkaya (*enrichment media*) diformulasikan dengan penambahan komponen khusus untuk mendukung pertumbuhan mikroba. Teknik ini lazim digunakan untuk memperbanyak mikroba yang sedikit jumlahnya dalam sampel yang heterogeny (Atmanto dkk., 2022).

c. Berdasarkan bahan yang digunakan (Atmanto dkk., 2022)

1) Media sintetis

Media sintetis merupakan media buatan yang komposisi bahan-bahannya sudah diketahui (Im Toy & Puspita, 2019), contohnya media Nutrient Agar. Biasanya media sintetis berisi senyawa organik dan anorganik spesifik yang murni dari bahan kimia. Media sintetis berperan penting dalam penelitian metabolisme mikroorganisme.

Media ini sangat ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme kemoorganotrof heterotrof, terutama yang membutuhkan glukosa dan garam amonium sebagai sumber nutrisi utama (Hafsan, 2014).

2) Media alami

Media non sintetik atau media alami merupakan media yang dimana komposisi dari medianya menggunakan bahan alam seperti sari wortel, ekstrak kentang, kacang-kacangan, serta umbi-umbian (Asri dkk., 2019).

d. Karakteristik dan syarat media

Media yang ideal memiliki karakteristik dan syarat tertentu. Karakteristik media ialah harus mampu mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang diinginkan, idealnya dengan cepat (Atmanto dkk., 2022). Agar bakteri dapat tumbuh optimal, media harus memenuhi syarat nutrisi yang dibutuhkan, termasuk sumber energi dan vitamin, serta bebas dari kontaminasi mikroorganisme lain (Atmanto dkk., 2022). Menurut (Atmanto et al., 2022) persyaratan media kultur yaitu :

1) Mengandung sumber energi

Dalam media pertumbuhan, bakteri memanfaatkan energi dari oksidasi senyawa organik, terutama karbohidrat dan protein, untuk memenuhi kebutuhan hidupnya.

2) Mengandung sumber karbon (C)

Senyawa organik seperti protein dan karbohidrat dapat menjadi sumber karbon bagi bakteri yang tumbuh dalam media pertumbuhan. Ekstrak daging atau pepton merupakan sumber protein yang umum, sedangkan glukosa, laktosa, dan sukrosa adalah contoh karbohidrat yang dapat digunakan.

3) Mengandung sumber nitrogen (N)

Terdapat dua sumber nitrogen untuk kebutuhan nutrisi pertumbuhan:

- a) Amonium nitrat (NH_4NO_3) dan amonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) merupakan dua jenis nitrogen anorganik yang sering dimanfaatkan.
- b) Nitrogen organik bersumber dari protein, pepton, atau asam amino.

4) Mengandung unsur non-logam

Mikroorganisme membutuhkan unsur non-logam seperti sulfur dan fosfor untuk tumbuh. Asam amino (sumber organik) dan sulfat (sumber anorganik) adalah sumber-sumber sulfur. Fosfor sangat penting untuk pembentukan asam nukleat (DNA dan RNA) dan produksi ATP.

5) Unsur logam

Mikroorganisme membutuhkan unsur logam untuk pertumbuhannya. Unsur logam itu adalah Ca^{++} , Zn^{++} , Na^+ , K^+ , Cu^{++} , Mn^{++} , Mg^{++} dan $\text{Fe}^{+2,+3}$. Unsur logam ini hanya dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit.

6) Vitamin

Vitamin dalam media pertumbuhan berfungsi untuk memperkaya nutrisi sekaligus menstimulasi pertumbuhan sel. Sebagai senyawa organik, vitamin memiliki peran krusial dalam pertumbuhan dan aktivitas sel, serta pembentukan enzim-enzim yang berperan penting dalam berbagai proses metabolisme.

7) Mengandung garam.

8) Memiliki suhu dan pH yang sesuai.

Suhu dan pH memiliki peran penting dalam mengatur kecepatan reaksi kimia yang terjadi pada enzim di dalam sel. Suhu yang terlalu rendah dapat memperlambat kinerja enzim, sehingga mengganggu metabolisme dan

pertumbuhan sel. Sebaliknya, suhu yang terlalu tinggi dapat merusak struktur enzim (denaturasi) akibat penggumpalan protein. Perubahan pH juga dapat mempengaruhi kecepatan reaksi kimia. pH optimal sel untuk melakukan metabolisme adalah sekitar 7 (netral), meskipun beberapa sel dapat hidup pada kondisi sedikit basa.

9) Memiliki oksidasi yang cukup.

10) Memiliki tekanan osmose sesuai (harus isotonik).

11) Mengandung faktor pertumbuhan

e. Komposisi media

Menuru (Atmanto et al., 2022) bahan-bahan media untuk pertumbuhan bakteri itu terdiri dari beberapa bagian yaitu :

1) Bahan dasar

a) Air, air berperan sebagai pelarut dalam media pertumbuhan. Keberadaan air penting untuk menjaga kelembaban dan mendukung proses metabolisme serta pertukaran zat dalam media.

b) Agar (dari rumput laut), berfungsi untuk memberikan tekstur padat pada media, dan umumnya akan kembali mencair pada suhu 45°C. Agar sulit untuk didegradasi oleh mikroorganisme.

c) Gelatin, yang juga berfungsi sebagai bahan pematat ialah polimer dari asam amino yang berasal dari kolagen. Namun, tidak seperti agar, gelatin lebih mudah diuraikan oleh berbagai jenis mikroba.

2) Nutrisi atau zat makanan

Dalam proses metabolisme sel media memiliki unsur yang digunakan :

- a) Lemak, karbohidrat,protein, serta asam organik berperan sebagai sumber karbon dan energi.
- b) Sumber nitrogen, urea dapat menjadi sumber nitrogen bagi sebagian mikroorganisme.
- c) Vitamin, terutama vitamin B, B6, C, dan B kompleks, memiliki fungsi penting dalam mengaktifkan enzim.

3) Bahan yang sering digunakan dalam pembuatan media

a) Air

Media pertumbuhan bakteri yang baik harus mengandung air yang cukup. Air suling atau aquadest sering digunakan karena kemurniannya. Selain penting untuk pertumbuhan bakteri, air juga berfungsi sebagai pelarut dalam pembuatan media.

b) Pepton

Pepton berperan sebagai sumber nitrogen, karbon, dan penyangga pH. Pepton umumnya diperoleh dari daging dan tepung kedelai.

c) Ekstrak daging

Ekstrak daging berfungsi sebagai sumber faktor pertumbuhan. Ekstrak daging ditambahkan karena mengandung zat-zat hasil penguraian protein dan karbohidrat, garam anorganik, enzim, serta dfaktor yang apat merangsang dan menunjang pertumbuhan, yang semuanya itu diperkaya oleh vitamin B kompleks.

d) Ekstrak ragi

Ekstrak ragi berperan sebagai sumber nutrisi penting bagi pertumbuhan organism.

e) Elektrolit

Elektrolit digunakan sebagai pengatur tekanan osmotic.

f) Agar-agar

Fungsi agar-agar adalah untuk memberikan tekstur padat pada media. Media padat atau semi padat biasanya memerlukan agar-agar sebagai bahan pematatnya.

g) Senyawa yang bisa difermentasi seperti gula, alcohol, dan lain-lainnya.

Penambahan senyawa yang dapat difermentasi ke dalam media pertumbuhan bakteri umumnya bertujuan sebagai sumber energi. Hasil dari proses fermentasi tersebut kemudian dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan organisme.

h) Buffer (karbonat dan fosfat)

Biasanya buffer ditambahkan guna menjaga pH dari media

B. Media Nutrient Agar

Nutrient Agar adalah media berupa serbuk putih agak kuning. Jika dilarutkan kemudian dididamkan, media ini akan mengeras karena mengandung agar. Nutrient Agar (NA) adalah media universal yang sangat umum digunakan karena kemampuannya untuk menumbuhkan berbagai jenis menggunakan sumber karbon dan nitrogen. Media nutrient agar yang kaya nutrisi sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri. Kandungan nutrisinya meliputi ekstrak daging, ragi, atau tumbuhan, serta protein sederhana dari berbagai sumber. Dalam laboratorium mikrobiologi, media ini sering digunakan untuk menumbuhkan bakteri dan mendapatkan biakan murni (Kasiyati dkk., 2023).

Komposisi Nutrient Agar terdiri dari Pepton (5,0 gr), Beef Extract (3,0 gr), dan Agar (12 gr) yang dilarutkan dalam 1000 ml air suling atau akuades. Masing-masing bahan yang ada dalam pembuatan media NA berfungsi sebagai berikut: (Kasiyati dkk., 2023)

1. Peptone

Pepton dihasilkan dari proses hidrolisis protein yang bersumber dari hewan atau tumbuhan, seperti susu dan kedelai. Pepton berperan penting sebagai sumber utama nitrogen organik, dan sebagiannya lagi menyediakan asam amino serta peptida rantai panjang.

2. Ekstrak daging sapi

Ekstrak daging sapi mengandung nutrisi-nutrisi penting seperti karbohidrat, vitamin, nitrogen organik, dan garam yang larut dalam air. Kombinasi ekstrak daging sapi dan pepton sangat penting sebagai sumber karbohidrat, protein, nitrogen, dan vitamin yang akan dibutuhkan mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang.

3. Agar

Agar, yang diperoleh dari berbagai jenis rumput laut, dapat ditemukan dalam bentuk batangan, granula, atau bubuk. Fungsinya adalah sebagai bahan pematat atau pembentuk gel. Proses pencairan dan pematatan berulang serta sterilisasi yang terlalu lama, khususnya pada pH asam, dapat menyebabkan penurunan kekuatan agar. Karena sulit diurai oleh mikroorganisme, agar biasanya akan meleleh pada suhu mencapai 45°C. Gelatin dan agar memiliki kegunaan yang serupa. Dibandingkan dengan agar, gelatin lebih mudah terurai oleh mikroba karena susunan polimer asam aminonya yang berasal dari kolagen.

Media Nutrient Agar siap pakai umumnya diimpor dari luar negeri, sehingga harganya cukup tinggi, yaitu antara Rp 500.000 sampai Rp 1.520.000 per 500 gram (Asri et al., 2019).

C. Kacang Tanah

1. Deskripsi

Kacang tanah memiliki nilai ekonomi yang tinggi sebagai tanaman pangan karena kaya akan nutrisi, khususnya protein dan lemak (Siregar dkk., 2017). Kacang tanah, yang termasuk dalam keluarga *Fabaceae* (legum), adalah tanaman polong yang umum dibudidayakan. Tanaman ini tidak berasal dari Indonesia, namun berasal dari Brazil. Kacang tanah umum ditemukan dinegara beriklim tropis dan subtropis di seluruh dunia (Sianipar dkk., 2020). Di Indonesia, kacang tanah (*Arachis hypogaea L.*) adalah komoditas pertanian yang sangat penting setelah kedelai. Kacang tanah memiliki peran yang sangat penting dalam ketahanan pangan nasional. Sebagai sumber pangan, kacang tanah menempati urutan ketiga setelah padi dan kedelai. Indonesia memperoleh peringkat keenam sebagai negara produsen kacang tanah terbesar didunia (Lolowang et al., 2022). Kacang tanah merupakan sumber nutrisi yang kaya, mengandung lemak sehat sekitar 40-50%, protein nabati 27%, karbohidrat 18%, serta berbagai vitamin. Kandungan gizinya yang tinggi membuat kacang tanah memiliki beragam manfaat, baik dikonsumsi secara langsung maupun diolah menjadi berbagai produk pangan (Sianipar dkk., 2020).

2. Klasifikasi

Klasifikasi kacang tanah adalah sebagai berikut (Lolowang et al., 2022):

- Kingdom : Plantae
- Sub Kingdom : Viridiplantae
- Infra Kingdom : Streptophyta
- Super Divisi : Embryophyta

- Divisi : Tracheophyta
- Sub Divisi : Spermatophytina
- Kelas : Magnoliopsida
- Ordo : Fabales
- Family : Fabaceae
- Genus : Arachis L.
- Spesies : Arachis hypogaeae L

3. Kandungan

Menurut (Nurmi et al., 2023) kacang tanah mengandung gizi sebagai berikut :

Tabel 1
Kandungan Gizi Kacang Tanah

Jenis Nutrisi / Gizi	Kandungan
Kalori (energi)	525 kkal
karbohidrat	21gr
Protein	25 gr
Lemak	48 gr
Serat	2,4 gr
Air	9,6 gr

D. Kaldu Daging

Kaldu adalah produk makanan yang dibuat dengan cara merebus tulang, daging, atau sayuran untuk mengekstrak sarinya. Waktu perebusan sangat menentukan kualitas gizi kaldu. Perebusan yang lebih lama akan menghasilkan lebih banyak nutrisi yang diekstrak seperti lemak, karbohidrat, protein, dan mineral. Kaldu yang direbus dalam waktu lama akan memiliki kandungan mineral yang

tinggi karena lemaknya terurai dan mineralnya lebih mudah diserap (Jawetz dkk., 2018).

Kaldu adalah hasil dari proses ekstraksi berbagai bahan makanan, termasuk daging ayam, daging sapi, makanan laut, dan sayuran (Agung dkk., 2020). Ekstrak daging sapi, yang larut dalam air, mengandung berbagai senyawa penting seperti karbohidrat, vitamin, nitrogen organik, dan garam. Ekstrak daging sapi dan pepton sering dikombinasikan sebagai sumber nutrisi penting dalam berbagai aplikasi, terutama dalam pertumbuhan mikroorganisme. Kombinasi ini menyediakan protein, nitrogen, vitamin, dan karbohidrat yang dibutuhkan untuk perkembangan mikroorganisme (Kasiyati dkk., 2023).

E. Bakteri *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus umum ditemukan dikulit manusia, lapisan lendir, pernapasan dan saluran pencernaan. Selain itu sering ditemukan juga pada air, tanah, makanan, susu dan udara (Jawetz dkk., 2018). Bakteri ini merupakan jenis bakteri gram positif, memiliki bentuk bulat atau kokus dengan diameter sekitar 0,7-1,2 mikrometer. Bakteri ini hidup membentuk koloni yang tidak beraturan, kadang ditemukan dalam bentuk tunggal, berpasangan, tetrad, atau rantai dalam kultur. Saat diwarnai dengan metode Gram, bakteri ini akan berwarna ungu karena kemampuannya dalam mempertahankan kristal violet (Apriyanthi dkk., 2022). *Staphylococcus aureus* memiliki kemampuan untuk tumbuh baik dalam kondisi oksigen yang cukup (aerob) maupun kurang (anaerob fakultatif), meskipun pertumbuhan terbaiknya terjadi pada lingkungan yang kaya oksigen. Suhu ideal untuk pertumbuhan bakteri ini adalah antara 35°C hingga 40°C, dengan pertumbuhan tercepat pada suhu 37°C (Indrayati & Oktaviani, 2021). Tingkat

keasaman (pH) yang paling mendukung pertumbuhan *S. aureus* adalah antara 7,0 hingga 7,5 (Jawetz dkk., 2018).

Staphylococcus aureus mampu memfermentasi berbagai jenis karbohidrat, antara lain glukosa, dekstrosa, manitol, sukrosa, dan laktosa. Proses fermentasi ini menghasilkan asam, namun tidak menghasilkan gas. *Staphylococcus aureus* menghasilkan enzim koagulase dan katalase yang bersifat hemolitik, serta mampu mengubah nitrat menjadi nitrit. Bakteri ini memiliki ketahanan yang baik terhadap kondisi kering, panas (mampu bertahan pada suhu 50°C selama 30 menit), dan konsentrasi garam (NaCl) 7-8%. *Staphylococcus aureus* memproduksi racun yang disebut enterotoksin. Jika jumlahnya cukup banyak, racun ini dapat menyebabkan gangguan pencernaan seperti peradangan pada usus. *Staphylococcus aureus* memiliki empat ciri khas utama yaitu kemampuan menyebabkan penyakit parah pada orang sehat, menyebabkan berbagai jenis infeksi tergantung lokasi, bertahan hidup di lingkungan dan dalam tubuh manusia (menyebabkan infeksi karier), serta resistensi terhadap banyak antibiotik yang sebelumnya efektif (Jawetz dkk., 2018).

F. Bakteri *Eschericia coli*

Escherichia coli, atau *E. coli*, memiliki bentuk batang bakteri gram negative yang berukuran kecil antara 1.0-1.5 µm x 2.0-6.0 µm. Bakteri ini memiliki flagela yang memungkinkan untuk bergerak. *Escherichia coli* adalah bakteri fakultatif anaerobik, yang berarti dapat hidup dan tumbuh dalam lingkungan beroksigen atau tidak beroksigen. Bakteri ini mampu untuk bertahan hidup di media yang kekurangan nutrisi (Rahayu dkk., 2018). *Escherichia coli* sering ditemukan pada saluran pencernaan manusia dan hewan. Beberapa jenis bakteri ini dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti diare dan infeksi pada saluran kemih.

Secara fisiologis, bakteri ini mampu beradaptasi pada lingkungan yang keras karena memiliki daya tahan yang kuat. *Escherichia coli* adalah bakteri yang sangat adaptif. Mereka dapat hidup dan berkembang biak di berbagai lingkungan berair, termasuk air tawar dan air laut, serta di tanah. Dalam habitat ini, mereka terus-menerus berinteraksi dengan faktor lingkungan, baik yang tidak hidup (abiotik) seperti suhu dan salinitas, maupun yang hidup (biotik) seperti mikroorganisme lain (Rahayu dkk., 2018).

Escherichia coli adalah bakteri yang memiliki kemampuan unik untuk bertahan hidup dalam dua habitat yang sangat berbeda. Di dalam tubuh manusia, bakteri ini dapat berkembang biak dalam lingkungan yang relatif stabil, hangat, anaerobik (tanpa oksigen), dan kaya akan nutrisi. Namun, *E. coli* juga dapat bertahan hidup di luar tubuh manusia, keluar dan menyebar melalui feses. Lingkungan di luar tubuh ini sangat berbeda, dengan kondisi yang jauh lebih bervariasi, seringkali lebih dingin, aerobik (dengan oksigen), dan memiliki kandungan nutrisi yang lebih sedikit (Rahayu dkk., 2018).

Waktu generasi bakteri *Escherichia coli* antara 30 sampai 87 menit, tergantung pada suhu lingkungannya. Waktu generasi ini mengacu pada durasi yang diperlukan sel *E. coli* untuk membelah dirinya dan menghasilkan dua sel baru. Suhu untuk tumbuh yang paling ideal untuk *Escherichia coli* adalah 37°C. Pada suhu ini, mereka mencapai waktu generasi tercepat, yaitu hanya 30 menit (Rahayu dkk., 2018).

G. Pertumbuhan Bakteri

Secara umum pertumbuhan mikroorganisme memiliki beberapa fase, yaitu :

1. Fase lag (fase masa persiapan, fase adaptasi, adaptation phase)

Pada fase ini, pertumbuhan mikroorganisme belum mencapai tahap eksponensial, melainkan masih dalam fase adaptasi atau persiapan. Keberhasilan pertumbuhan sangat bergantung pada kondisi awal. Jika mikroorganisme ditanam pada media yang sesuai, pertumbuhan akan segera dimulai. Sebaliknya, jika mikroorganisme yang diinokulasi sudah tua, meskipun nutrisinya mencukupi, mereka tetap membutuhkan waktu untuk beradaptasi atau memasuki fase lag sebelum memulai pertumbuhan. Waktu yang dibutuhkan pada fase lag dipergunakan untuk mensintesa enzim. Durasi fase ini bervariasi, bisa beberapa jam hingga berhari-hari, tergantung pada jenis mikroorganisme dan kondisi lingkungannya. Pada fase lag, mikroorganisme menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan baru, sehingga pertumbuhan dan perubahan bentuknya tidak tampak jelas. Akibatnya, grafik pertumbuhan pada fase ini biasanya berupa garis lurus horizontal (Susilo, 2023).

2. Fase Log (fase logaritme, fase eksponensial, logaritma phase)

Setelah melewati masa adaptasi (fase lag) di lingkungan baru, individu mulai berubah bentuk dan bertambah banyak, menyebabkan kurva pertumbuhan meningkat tajam. Peningkatan pada fase ini diimbangi dengan beberapa faktor diantaranya:

- a. Faktor biologis mencakup bentuk dan karakteristik organisme dalam kaitannya dengan lingkungannya, serta interaksi antar organisme dalam suatu komunitas jika terdapat lebih dari satu jenis.

- b. Faktor non-biologis, selain faktor biologis pertumbuhan mikroorganisme juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan abiotik, antara lain kandungan nutrisi media, suhu, kadar oksigen, dan intensitas cahaya.

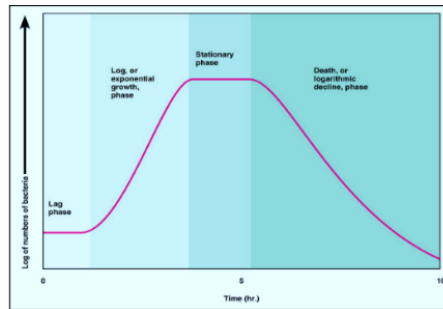
Kondisi optimal dari faktor-faktor pertumbuhan akan menghasilkan pertumbuhan yang teratur, yang kemudian berlanjut ke fase eksponensial. Fase eksponensial ini menandai kemampuan mikroorganisme untuk berkembang biak secara maksimal (Susilo, 2023).

3. Fase stasioner

Ketika sumber daya nutrisi menipis dan faktor internal organisme mencapai batasnya, pertumbuhan mencapai puncaknya dan tidak dapat ditingkatkan lagi. Pada fase ini, grafik pertumbuhan cenderung mendatar, menunjukkan populasi organisme yang mencapai kondisi stasioner maksimum dan konstan (Susilo, 2023).

4. Fase kematian

Fase kematian ditandai dengan jumlah dari mikroorganisme yang tidak lagi bertambah atau berkurang. Keseimbangan antara sel yang masih hidup dan mati tercapai. Namun, seiring waktu, keseimbangan ini akan bergeser dan jumlah sel yang mati akan semakin banyak. Meskipun terjadi penurunan, jumlah sel tidak mencapai nol karena beberapa kecil sel masih dapat beradaptasi dan bertahan untuk hidup sementara waktu. Fase ini adalah akhir kurva pertumbuhan, pada fase ini jumlah sel menurun tajam dan grafik seolah-olah kembali ke titik awal (Susilo, 2023).



Gambar 1. Fase Pertumbuhan Mikroorganisme

H. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan

Kondisi lingkungan yang spesifik sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk dapat tumbuh. Faktor-faktor seperti pH, suhu, oksigen, tekanan osmotik, dan nutrisi sangat penting bagi pertumbuhan mereka.

1. pH

pH adalah skala yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan, berdasarkan konsentrasi ion hidrogen (H^+) di dalamnya. Lingkungan hidup mikroba sangat bervariasi dalam tingkat keasamannya, mulai dari yang sangat asam (pH 1) hingga sangat basa (pH antara 9-10). Tingkat keasaman (pH) lingkungan memiliki pengaruh terhadap kinerja enzim yang diperlukan oleh mikroorganisme dalam proses metabolismenya. Pengaruh ini dapat terlihat pada aktivasi sisi aktif enzim, perubahan bentuk enzim, dan perubahan sifat katalitiknya. Secara umum, bakteri dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis berdasarkan pH optimal untuk pertumbuhannya (Btari dkk., 2023).

- a) Asidofilik : tumbuh optimal pada pH 0-5.5
- b) Neutrofilik : tumbuh optimal pada pH 5.5-8.0
- c) Alkalofilik : tumbuh optimal pada pH 8.5- 11.5

2. Temperatur

Suhu merupakan faktor krusial bagi pertumbuhan mikroorganisme karena mempengaruhi aktivitas enzim dalam metabolisme sel. Setiap mikroorganisme memiliki rentang suhu optimal tertentu untuk pertumbuhan. Suhu terlalu rendah menghambat kerja enzim, sementara suhu yang tinggi dapat merusak suatu enzim, protein, dan membran sel. Berdasarkan kisaran suhu pertumbuhan optimalnya, mikroorganisme dikelompokkan menjadi beberapa golongan (Btari dkk., 2023)..

- a) Psikrofil : Dapat tumbuh pada suhu 0°C dan dapat tumbuh dengan baik pada suhu 15°C atau pada suhu lebih kecil. Contoh bakterinya *Bacillus globisporus*, *Bacillus psychropilus*.
- b) Mesofil : Tumbuh optimal pada 20-45 °C. Contoh bakteri *Eschericia coli*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Trichomonas vaginalis*
- c) Termofil : Tumbuh pada suhu >55 °C, suhu optimal 55-65 °C. Contohnya : *Thermus aquaticus*, *Cyanidium caldarium*
- d) Hipertermofil : Suhu optimal antara 80-113 °C. Contohnya *Sulfolobus*, *Pyrococcus*, *Pyrodictium*, *Thermus aquaticus*

3. Ketersediaan oksigen

Berdasarkan kebutuhan oksigennya, mikroorganisme terbagi menjadi dua kelompok utama yaitu aerob (memerlukan oksigen untuk dapat hidup) dan anaerob (tidak memerlukan oksigen untuk dapat hidup) (Btari dkk., 2023).

4. Tekanan osmotik

Mikroorganisme membutuhkan kadar garam (NaCl) tertentu untuk bertahan hidup di lingkungannya, dan hal ini berkaitan erat dengan tekanan osmotik (Btari dkk., 2023).

5. Nutrient

Pertumbuhan mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi dalam lingkungannya. Nutrisi, sebagai komponen kimia yang berperan dalam aktivitas seluler seperti metabolisme, sangat penting bagi mikroorganisme. Terdapat dua jenis nutrisi yang dibutuhkan, yaitu makronutrien (seperti karbohidrat, protein, karbon, hidrogen, dan oksigen) yang diperlukan dalam jumlah besar, dan mikronutrien (seperti magnesium, besi, dan mineral lainnya) yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit namun tetap penting untuk pertumbuhan (Btari dkk., 2023).