

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Media Pertumbuhan Bakteri

Media pertumbuhan bakteri adalah bahan yang digunakan untuk menyediakan nutrisi yang dibutuhkan bakteri agar dapat hidup dan berkembang. Media ini harus mengandung sumber karbon, nitrogen, mineral penting, serta memiliki pH yang sesuai untuk mendukung metabolisme dan pembelahan sel. Oleh karena itu, kualitas media sangat menentukan keberhasilan pertumbuhan bakteri di laboratorium (Suryani, 2022).

Berdasarkan fungsi dan kegunaannya, media pertumbuhan bakteri dibedakan menjadi beberapa jenis. Media umum digunakan untuk menumbuhkan berbagai jenis bakteri, media selektif berfungsi menghambat pertumbuhan bakteri tertentu, media diferensial digunakan untuk membedakan bakteri berdasarkan karakter biokimia, media diperkaya mengandung nutrisi tambahan, dan media alami berasal dari bahan-bahan alami. Perbedaan fungsi media tersebut memengaruhi kemampuan bakteri dalam tumbuh dan berkembang (Prayekti & Wulandari, 2021).

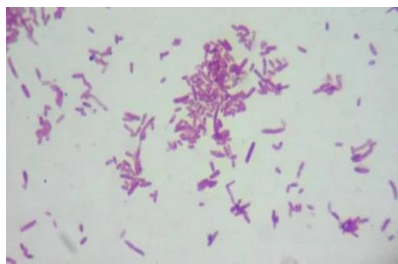
Pentingnya pemahaman prinsip dasar dalam penelitian ini adalah untuk menilai kelayakan air kelapa sebagai media alternatif, mengingat kandungan gula, elektrolit, dan komponen biologisnya dapat berkontribusi menggantikan beberapa unsur dalam media sintetik (Siregar & Bintang, 2025; Toruan *et al.*, 2023). Dibandingkan dengan *MacConkey Agar* yang dikenal karena selektivitasnya terhadap bakteri gram negatif dan kemampuannya membedakan fermentasi laktosa, media yang dibuat dari air kelapa harus melalui pengujian untuk mengonfirmasi kemampuannya dalam memfasilitasi pertumbuhan *Escherichia coli*, sehingga dapat dievaluasi apakah bahan alami tersebut layak diaplikasikan sebagai media kultur dalam ranah ilmiah maupun praktis (Prayekti & Wulandari, 2021; Toruan *et al.*, 2023).

B. Media *MacConkey Agar* (MCA)

MacConkey Agar merupakan media selektif dan diferensial yang banyak digunakan untuk menumbuhkan dan mengidentifikasi bakteri Gram negatif enterik. Media ini mengandung garam empedu dan kristal violet yang berfungsi menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif. Selain itu, *MacConkey Agar* mengandung laktosa sebagai sumber karbohidrat dan indikator neutral red untuk membedakan bakteri berdasarkan kemampuannya dalam memfermentasi laktosa (Prayekti & Wulandari, 2021). Konsistensi komposisi *MacConkey Agar* menjadikannya sebagai media standar dalam pemeriksaan bakteri enterik di laboratorium. Media ini mampu menyeleksi bakteri target dan membedakan antara bakteri fermentor laktosa dan non-fermentor laktosa, sehingga sangat efektif digunakan pada sampel yang mengandung berbagai jenis mikroorganisme (Suryani, 2022).

C. Bakteri *Escherichia coli*

Escherichia coli, termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*, adalah bakteri Gram negatif berbentuk batang. Cirinya khasnya meliputi keberadaan membran luar lipopolisakarida, motilitas yang dilengkapi oleh flagela peritrikus, serta kemampuan hidup baik dalam lingkungan aerob maupaun anaerob sebagai fakultatif anaerob. Karakteristik tersebut menempatkan *Escherichia coli* sebagai salah satu organisme model paling umum dalam studi mikrobiologi dan fisiologi mikroba. Sebagian besar jenis *Escherichia coli* hidup secara komensal dan memegang peranan penting dalam komposisi mikrobiota usus manusia. Strain non-patogen, seperti *Escherichia coli* ATCC 25922, berperan dalam produksi vitamin dan memiliki kemampuan kuat untuk memfermentasi laktosa, sebuah karakteristik biokimia yang umum pada bakteri enterik (Suryani, 2022).



Gambar 2.1 Penampakan *Escherichia coli* pada pemeriksaan mikroskopis dengan pewarnaan Gram
Sumber: Wikimedia Commons (2021)

Gambar 2.1 menunjukkan penampakan *Escherichia coli* pada pemeriksaan mikroskopis dengan pewarnaan Gram. Secara morfologis, *Escherichia coli* merupakan bakteri berbentuk batang dengan ukuran relatif kecil. Berdasarkan karakteristik pewarnaan Gram, *Escherichia coli* termasuk bakteri Gram negatif yang berwarna merah muda hingga merah setelah proses pewarnaan Gram. Bentuk sel dan karakteristik pewarnaan tersebut dapat digunakan sebagai salah satu gambaran morfologi dalam identifikasi awal *Escherichia coli* secara mikroskopis.

Berdasarkan penjelasan diatas maka klasifikasi taksonomi *Escherichia coli* adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Bacteria*
 Phylum : *Proteobacteria*
 Class : *Gammaproteobacteria*
 Order : *Enterobacteriales*
 Family : *Enterobacteriaceae*
 Genus : *Escherichia*
 Species : *Escherichia coli*

Ukuran koloni *Escherichia coli* pada *MacConkey Agar* setelah inkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C adalah kategori menengah, dengan warna merah yang timbul dari fermentasi laktosa yang memengaruhi indikator neutral red. Deskripsi ciri mikroskopis koloni *Escherichia coli* pada *MacConkey Agar* dalam studi komparatif menunjukkan koloni tersebut berwarna merah dan berukuran sedang (Prayekti & Wulandari, 2021).

Bakteri *Escherichia coli* secara mikroskopis adalah basil gram negatif dari famili *Enterobacteriaceae*, yang merupakan ciri khas genus *Escherichia* sebagai anaerob fakultatif. Keberadaan flagela peritrikus memungkinkan pergerakan aktif dan kolonisasi jaringan inang, aspek penting dalam patogenitasnya yang telah banyak diteliti. Pada aspek molekuler, lipopolisakarida pada dinding sel gram negatif, khususnya Lipid A, berfungsi sebagai endotoksi ini dapat memicu respons inflamasi sistemik dan komplikasi serius, termasuk sindrom uremik hemolitik, sesuai dengan temuan studi mengenai virulensi dan toksisitas patotipe *Escherichia coli* penghasil Shiga toxin (Pokharel *et al.*, 2023).

Escherichia coli merupakan bakteri yang memiliki kemampuan adaptasi metabolisme yang tinggi melalui pemanfaatan berbagai sumber karbon dan energi dari lingkungannya. Mekanisme perolehan nutrisi dimulai dengan transportasi molekul melalui membran sel yang melibatkan protein spesifik, dimana bakteri ini menggunakan sistem transportasi aktif untuk memindahkan nutrisi penting ke dalam sitoplasma untuk mendukung proses biologis (Zulaikhah, 2019). Setelah nutrisi seperti glukosa atau senyawa organik lainnya masuk ke dalam sel, bakteri akan mengolahnya melalui jalur metabolisme utama untuk menghasilkan ATP sebagai sumber energi primer (Suryani, 2022).

Nutrisi yang diperoleh dari media pertumbuhan, baik media standar maupun media alternatif, digunakan untuk mensintesis komponen struktural sel serta memfasilitasi aktivitas enzimatik yang diperlukan untuk pembelahan sel (Azis & Akolo, 2018). Selain sumber karbon, ketersediaan unsur mineral dan faktor pertumbuhan lainnya dalam konsentrasi yang tepat sangat krusial, karena ketidakseimbangan nutrisi atau adanya zat penghambat dalam media dapat mengganggu laju proliferasi seluler bakteri tersebut (Suryani, 2022). Efisiensi *Escherichia coli* dalam mengolah nutrisi ini pada akhirnya menentukan keberhasilan pembentukan koloni yang dapat diamati secara makroskopis (Zulaikhah, 2019).

D. Tanaman Kelapa (*Cocos nucifera* L.)

Kelapa (*Cocos nucifera* L.) anggota famili *Arecaceae*, adalah tanaman tropis multifungsi yang krusial bagi pangan, kesehatan, dan industri. Buahnya memiliki lapisan sabut, tempurung, daging, dan air kelapa sebagai endosperma cair. Air kelapa, kaya akan nutrisi seperti karbohidrat, elektrolit, asam amino, dan vitamin yang berubah seiring kematangan, sangat relevan untuk riset mikrobiologi. Analisis komposisi menunjukkan air kelapa muda lebih kaya gula dan mineral dibanding air kelapa tua, menjadikannya sebagai sumber nutrisi yang optimal untuk metabolisme sel, termasuk mikroorganisme (Halim *et al.*, 2018).

Pada dasarnya, air kelapa tidak hanya berperan sebagai nutrisi esensial, tetapi juga mengandung senyawa bioaktif seperti sitokinin, antioksidan fenolik, dan asam organik. Komponen-komponen ini berperan dalam menjaga stabilitas

kimia dan aktivitas biologis air kelapa selama penyimpanan dan pemanasan. Studi menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam kandungan protein, gula, dan elektrolit antara kelapa muda dan tua, yang memengaruhi karakteristik air kelapa sebagai media potensial untuk kultur mikroba. Kandungan kalium dalam air kelapa kelapa, mencapai lebih dari 200 mg/100 ml, menjadikannya cairan alami dengan komposisi elektrolit paling seimbang di antara buah tropis, sebuah aspek penting untuk mendukung aktivitas enzimatis bakteri (Zhang *et al.*, 2024).

1. Klasifikasi Tanaman Kelapa (*Cocos nucifera* L.)

Kingdom : *Plantae*
 Phylum : *Tracheophyta*
 Class : *Liliopsida*
 Order : *Arecales*
 Family : *Arecaceae*
 Genus : *Cocos*
 Species : *Cocos nucifera* L.

2. Morfologi Tanaman Kelapa (*Cocos nucifera* L.)

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera* L.) dari famili *Arecaceae* memiliki batang tunggal, silindris, dan tidak bercabang, yang menunjukkan pola pertumbuhan vertikal khas palma tropis. Karakteristik ini dijelaskan dalam kajian fisiokimia buah kelapa yang menganalisis struktur buah dan perkembangan endosperma pada berbagai tahap kematangan. Batangnya ramping, mencapai tinggi 20-30 m, dengan permukaan yang dihiasi bekas pelepah daun tersusun spiral. Akar serabutnya yang menyebar luas memungkinkannya beradaptasi di tanah berpasir dan lingkungan pesisir berkadar garam tinggi (Zhang *et al.*, 2024).

Karakteristik daun kelapa adalah majemuk menyirip, dapat mencapai panjang beberapa meter, khas spesies palma tropis. Tanaman ini bereproduksi melalui bunga yang tumbuh dalam tandan terlindungi oleh spathe, dimana endosperma buah berkembang dalam dua fase, yaitu fase cair (air kelapa) dan fase padat (daging kelapa). Studi mengenai perkembangan endosperma menunjukkan bahwa air kelapa merupakan hasil sekresi endosperma muda yang kaya akan gula, elektrolit, dan asam amino, sementara daging buah kelapa terbentuk

melalui proses penebalan endosperma padat seiring pertambahan usia buah (Halim *et al.*, 2018).

E. Kandungan Fitokimia Air Kelapa (*Cocos nucifera* L.)

Kandungan fitokimia dalam air kelapa, meliputi senyawa fenolik, flavonoid, tanin, dan asam lemak bioaktif, memberikan peran antioksidan dan antimikroba yang dapat memengaruhi pertumbuhan bakteri di media kultur. Fenolik dan flavonoid berkontribusi pada stabilitas kimia media dan memodulasi aktivitas metabolik mikroba melalui mekanisme penangkapan radikal bebas serta inhibisi enzim. Tanin, dengan afinitasnya terhadap protein membran, berpotensi mengganggu permeabilitas sel bakteri. Asam laurat dan turunan lipidnya menunjukkan aktivitas antibakteri gram positif, namun efeknya terbatas pada bakteri gram negatif seperti *Escherichia coli*, sehingga air kelapa dapat dipertimbangkan sebagai media alternatif. Fitokimia ini mengindikasikan bahwa air kelapa memiliki komponen bioaktif yang dapat memodifikasi pola pertumbuhan mikroba, sehingga evaluasi penggunaannya sebagai media kultur dibandingkan dengan media *MacConkey Agar* (Hal *et al.*, 2022).

Air kelapa muda mengandung air 95%, protein 0,1%, dan lemak kurang dari 0,1%, karbohidrat 4%, dan abu 0,4%. Air kelapa mengandung vitamin seperti vitamin B kompleks, vitamin B1, dan vitamin C. Selain itu, kandungan mineral air kelapa terdiri atas kalium, natrium, kalsium, dan magnesium. Kandungan mineral K pada air kelapa adalah yang tertinggi, baik pada air kelapa tua maupun air kelapa muda (Yanuar, 2015).

Kandungan karbohidrat, protein, vitamin, dan mineral tersebut dapat menyediakan nutrisi yang dibutuhkan bakteri untuk menjalankan proses metabolisme dan pembentukan biomassa. Karbohidrat dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi, sedangkan protein dan mineral berperan dalam berbagai proses serta pembentukan komponen sel bakteri (Woo *et al.*, 2024). Dengan demikian, komposisi nutrisi dalam air kelapa berpotensi mendukung pertumbuhan bakteri, termasuk *Escherichia coli*, meskipun tingkat pertumbuhannya tetap dipengaruhi oleh konsentrasi nutrisi, kondisi lingkungan, dan keberadaan senyawa bioaktif yang bersifat antimikroba.

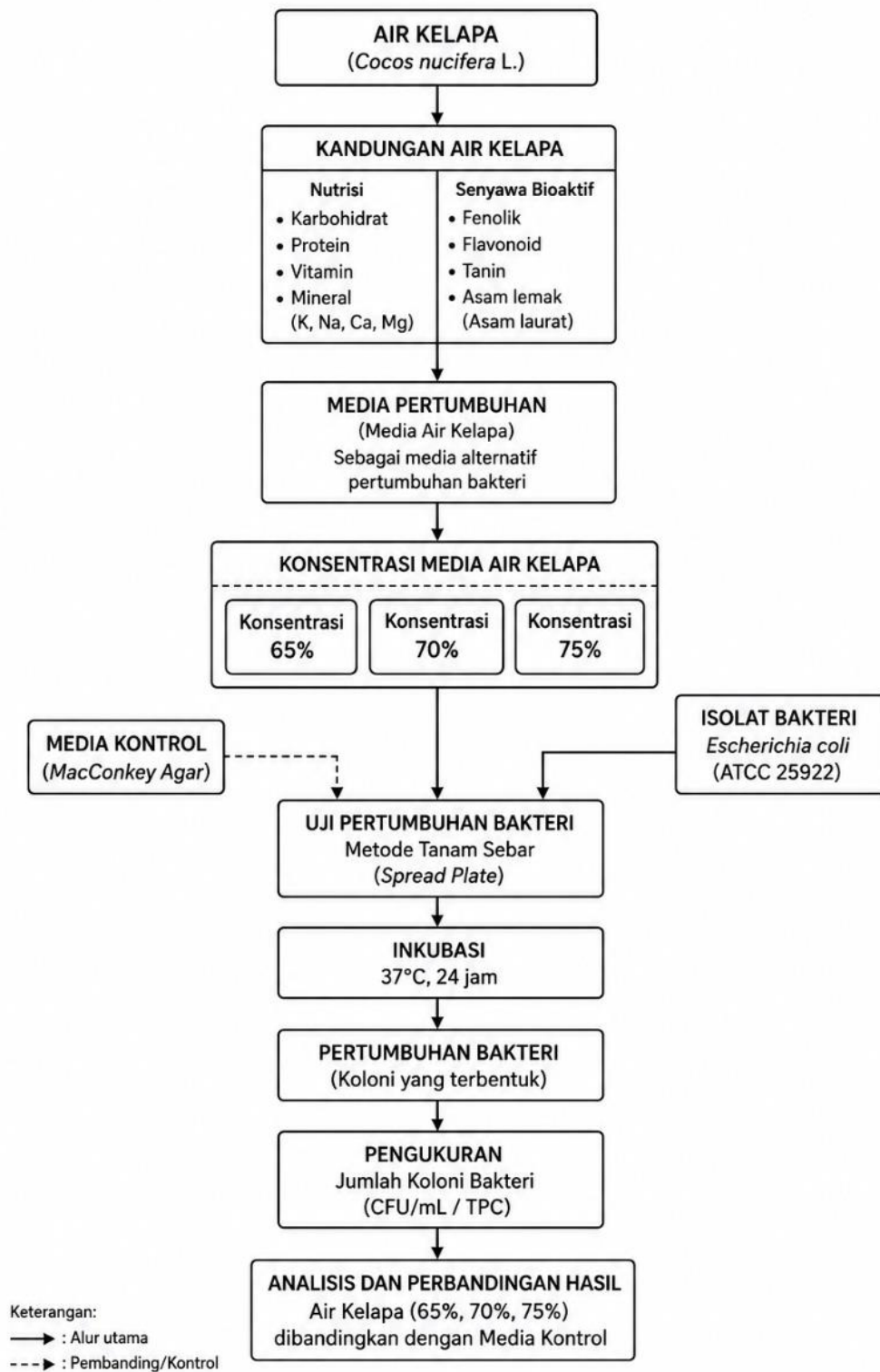
F. Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroba Pada Media

Pertumbuhan bakteri pada suatu media merupakan proses biologis yang kompleks dan sangat bergantung pada keseimbangan nutrisi serta kondisi lingkungan fisik yang mendukung. Secara teoritis, setiap bakteri memerlukan ketersediaan sumber karbon dan nitrogen yang tepat untuk mendukung sintesis protein dan pembelahan sel. Media modifikasi yang berasal dari bahan alami seperti air kelapa sering kali menghadapi kendala pada ketersediaan nitrogen kompleks yang tidak seimbang jika dibandingkan dengan media standar seperti *MacConkey Agar*, sehingga proliferasi bakteri dapat terhambat apabila kebutuhan nutrisi esensial tidak terpenuhi secara optimal (Suryani, 2022). Efisiensi bakteri dalam mengolah nutrisi dari lingkungan juga sangat bergantung pada sistem transportasi aktif seluler yang memindahkan molekul ke dalam sitoplasma untuk diolah menjadi energi utama atau ATP (Zamilah *et al.*, 2020).

Selain faktor nutrisi, tekanan osmotik media memegang peranan penting terhadap kemampuan mikroba. Penggunaan bahan alami dengan konsentrasi pekat, seperti pada variasi konsentrasi 65%, 70%, dan 75%, dapat menciptakan lingkungan hipertonik disekitar sel bakteri. Kondisi ini memaksa cairan didalam sitoplasma keluar melalui membran sel sehingga menyebabkan plasmolisis atau pengerutan sel yang berujung pada kematian bakteri (Suryani, 2022).

Keberadaan senyawa metabolit sekunder didalam air kelapa juga perlu diperhatikan, karena senyawa tersebut sering kali memiliki aktivitas antibakteri alami yang mampu mengkoagulasi protein membran dan mengganggu sistem transportasi nutrisi seluler (Sartika, 2019). Di sisi lain, faktor fisik seperti pH media dan suhu inkubasi yang tidak konstan dapat mendenaturasi enzim esensial bakteri, sehingga kombinasi antara keseimbangan nutrisi, tekanan osmotik yang tinggi, dan pengaruh senyawa penghambat menjadi faktor penentu utama gagalnya pembentukan koloni secara makroskopis pada media modifikasi (Zamilah *et al.*, 2020)

G. Kerangka Konsep



Gambar 2.2 Kerangka Konsep Penelitian