

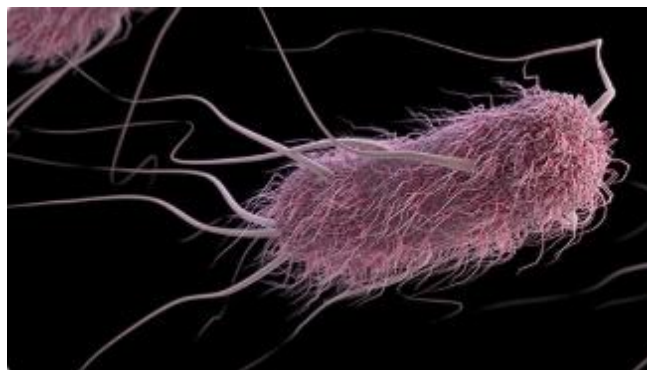
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*)

1. Morfologi

Escherichia coli adalah bakteri Gram-negatif berbentuk batang (rod) dengan ukuran sekitar 0,4–0,7 μm lebar dan 1–3 μm panjang. *E. coli* bersifat motil melalui flagela peritrik (menyebar di seluruh permukaan sel). Strukturnya tidak membentuk spora, tetapi beberapa strain dapat memiliki kapsul polisakarida yang melapisi dinding sel. Studi ultrastruktural menggunakan mikroskop elektron mengungkapkan bahwa paparan antibiotik tertentu dapat menyebabkan elongasi sel dan perubahan morfologi eksternal, menunjukkan fleksibilitas morfologis *E. coli* (Afrina et al., 2024).



Gambar 2.1 *Escherichia coli*

Sumber: (CDC, 2024)

2. Pertumbuhan dan Daya Tahan Bakteri

Pertumbuhan *Escherichia coli* sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama suhu dan ketersediaan nutrisi. Bakteri ini memiliki waktu generasi antara 30–87 menit, dengan suhu optimum 37°C yang

menghasilkan waktu pembelahan tercepat yaitu 30 menit, sehingga pada kondisi ideal populasinya dapat meningkat dengan cepat. Selain suhu, *E. coli* juga mampu tumbuh dalam kondisi nutrisi terbatas, baik di dalam maupun di luar tubuh manusia, termasuk pada air tawar, air laut, dan tanah. Lingkungan eksternal yang jauh lebih dingin, aerobik, dan miskin nutrisi tetap memungkinkan bakteri ini bertahan hidup berkat kemampuan fisiologisnya yang adaptif (Rahayu et al., 2018).

Kemampuan bertahan hidup *E. coli* dipengaruhi oleh sejumlah mekanisme pertahanan yang diatur oleh lebih dari 50 regulon yang termasuk dalam *general stress response (GSR)*. Sistem regulasi ini memungkinkan bakteri menghadapi tekanan lingkungan seperti tekanan osmotik, panas, pH rendah, stres oksidatif, serta kekurangan nutrisi, sehingga meningkatkan peluang kelangsungan hidupnya di berbagai habitat. Bahkan, beberapa strain patogen seperti O157:H7 dapat tetap hidup pada kondisi sangat asam, dengan sebagian strain mampu bertahan pada pH 2.5, menunjukkan tingginya toleransi terhadap kondisi ekstrem (Rahayu et al., 2018).

E. Coli juga memiliki daya tahan tinggi terhadap berbagai stres lingkungan seperti pendinginan, pembekuan, dan kondisi kering. Bakteri ini dapat bertahan dalam dua habitat yang sangat berbeda: saluran pencernaan manusia yang hangat, stabil, dan kaya nutrisi, serta lingkungan luar tubuh yang lebih dingin dan memiliki nutrisi rendah. Kemampuan beradaptasi inilah yang menjadikan *E. coli* bukan hanya

organisme komensal di usus, tetapi juga patogen yang mampu mencemari air dan pangan dalam berbagai kondisi, sehingga sering digunakan sebagai indikator sanitasi lingkungan dan kualitas air minum (Rahayu et al., 2018).

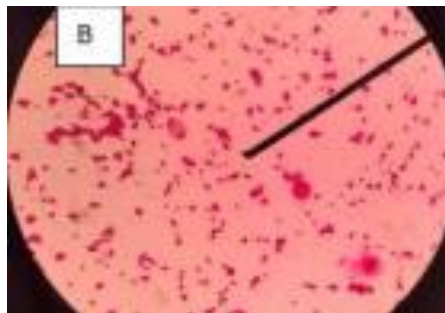
3. Diagnosis *E. Coli*

a. Spesimen

Spesimen termasuk urine, darah, nanah, cairan tulang belakang, dahak, atau bahan lain

b. Pewarnaan Gram

Menghasilkan pewarnaan gram berbentuk batang, warna merah dengan sel satu-satu.



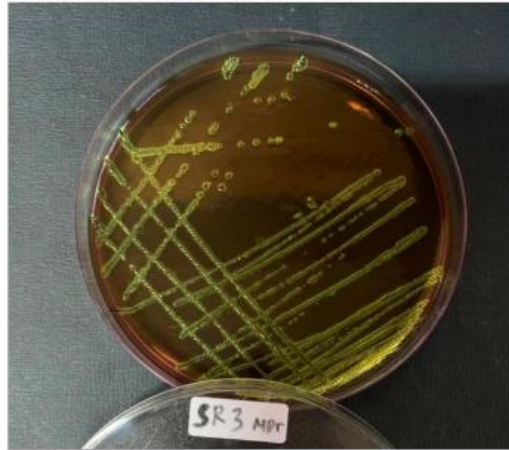
Gambar 2.2 Pewarnaan Gram Negatif Bakteri *E. Coli*
Sumber : (Lisdewi1 et al.,2023).

c. Kultur dan uji biokimia

Spemisen ditanam pada agar darah dan deferensial media misalnya Eosin Methylen Blue Agar (EMBA). Media diferensial, Identifikasi awal yang cepat dari *E. coli* bisa diidentifikasi

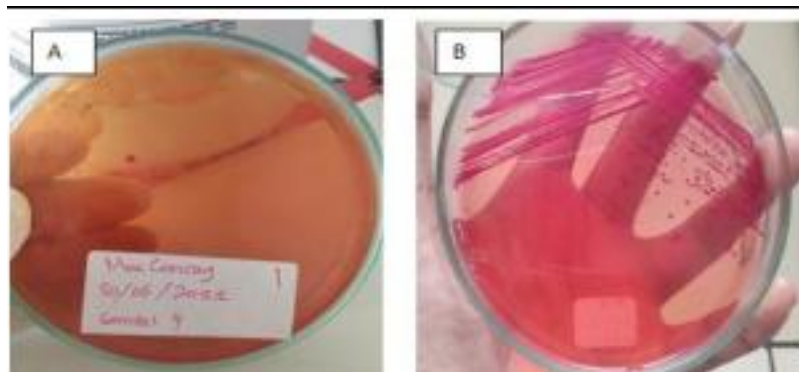
1. Uji pada Media MCA dan EMBA

Menunjukkan perubahan warna koloni kehijau-hijauan-hitam, metalik, koloni sedang, smooth, eping pada media EMBA.



Gambar 2.3 Pertumbuhan *E. Coli* Pada Media EMBA

Sumber : (Mustika & Puspitasari, 2024).



Gambar 2.4 Pertumbuhan *E. Coli* Pada Media MCA

Sumber : (Lisdewi1 et al., 2023)

2. Uji Biokimia

Tabel 2.1 Uji Biokimia

Sumber: (Kurniawan et al., 2023)

Uji Biokimia	Hasil Uji
Indol	+
MR	+
VP	-
TSIA	K/K, gas
SIM	Motil
SCA	-
Uji Biokimia	Hasil Uji
Glukosa	+
Sukrosa	+
Laktosa	+
Maltosa	+
Manitol	+

Keterangan:(+) = positif, (-) = negatif, S = Slant, B = Butt, K = Kuning (Asam)



Gambar 2.5 Hasil Identifikasi Bakteri *Escherichia Coli* Pada Uji Biokimia. a) Indol, b) MR, c) VP, d) TSIA, e) SIM, f) SCA, g) Glukosa, h) Sukrosa, i) Laktosa, j) Maltosa, k) Manitol

Sumber : (Kurniawan et al., 2023).

B. Infeksi Saluran Kemih

1. Definisi

Infeksi Saluran Kemih (ISK) adalah kondisi patologis di mana mikroorganisme patogen (seperti bakteri) menginfeksi sistem saluran kemih—yaitu ginjal, ureter, kandung kemih, atau uretra—dan memicu peradangan (inflamasi) pada salah satu atau lebih bagian tersebut (Anjaya & Angraini, 2024).

2. Klasifikasi

ISK dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu menurut gejala klinis, tempat infeksi, dan abnormalitas pada saluran kemih. Berdasarkan gejala, ada dua jenis yang dibedakan, yaitu ISK tanpa gejala dan ISK dengan gejala. Berdasarkan tempat infeksi, ISK dikelompokkan menjadi ISK bagian atas (sistitis) dan ISK bagian bawah (pielonefritis), menurut kelainan saluran kemih, ISK dibedakan menjadi ISK Simpleks dan ISK Kompleks (Lawati et al., 2024).

3. Pengobatan

Berbagai obat sintetik (antibiotik) dapat digunakan untuk pengobatan ISK, baik antibiotik yang diberikan secara oral maupun parenteral, seperti terlihat pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Pilihan Antimikroba Oral Pada Infeksi Saluran Kemih

Sumber : (Ara, 2023)

Jenis Antibiotik (Oral)	Dosis Umum
Amoksisilin	20–40 mg/kgBB/hari, dibagi 3 dosis
Trimetoprim–Sulfametoksazol (TMP–SMX)	6–12 mg TMP dan 30–60 mg SMX/kgBB/hari, dibagi 2 dosis
Nitrofurantoin	5–7 mg/kgBB/hari, dibagi 2–4 dosis

Sefaleksin	50–100 mg/kgBB/hari, dibagi 4 dosis
Sefiksim	8 mg/kgBB/hari, dibagi 2 dosis
Sefpodoksim	10 mg/kgBB/hari, dibagi 2 dosis
Fosfomisin trometamol	Dosis tunggal 3 g (dewasa, ISK tidak komplikata)

Tabel 2.3 Pilihan Antimikroba Parenteral Pada Infeksi Saluran Kemih (ISK)
Sumber : (Ara, 2023).

Jenis Antibiotik (Parenteral)	Jenis Antibiotik (Parenteral)
Ampisilin	100–200 mg/kgBB/hari, dibagi 4 dosis
Seftriakson	50–75 mg/kgBB/hari, 1–2 dosis
Sefotaksim	100–150 mg/kgBB/hari, dibagi 3–4 dosis
Gentamisin	3–7,5 mg/kgBB/hari, 1–3 dosis
Amikasin	15 mg/kgBB/hari, 1 dosis
Piperasilin–Tazobaktam	200–300 mg/kgBB/hari, dibagi 3–4 dosis
Meropenem	60 mg/kgBB/hari, dibagi 3 dosis

C. Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*)

1. Defenisi

Moringa oleifera merupakan jenis sayuran yang tergolong dalam ordo Brassica dan termasuk dalam keluarga Moringaceae. Keluarga Moringaceae memiliki satu genus dan terdiri dari 13 spesies yang telah teridentifikasi. *Moringa oleifera* adalah sejenis pohon kecil yang berasal dari wilayah sub-Himalaya di bagian barat laut India, dan kini tumbuh di banyak lokasi di Afrika, Arab, Asia Tenggara, Kepulauan

Pasifik, Karibia, serta Amerika Selatan. Secara tradisional, kelor tidak hanya berfungsi sebagai sayuran yang digunakan sehari-hari oleh penduduk setempat, tetapi juga dikenal luas serta dimanfaatkan untuk tujuan kesehatan (Susanti & Nurman, 2022).

Di Indonesia, khususnya NTT, tumbuhan marungga *Moringa oleivera* disebut marungga. Namun, sebutan ini bervariasi di setiap daerah antar Kabupaten, seperti Ru Adju Wona (Sabu), Mawona (Sumba), Hau fo (TTS), Hau fo (TTU), Maut (Malaka), Rote (Hau Fo), Wona (Ende), Marungge (Lembata), dan Motong (Sikka). Menurut informasi mengenai sumber daya genetik lokal NTT, marungga telah ada sejak 1912 dan memiliki persebaran yang cukup luas, yakni terdapat di Kabupaten Kupang, Kupang Timur, Ngada, Nagekeo, Ende, TTS, TTU, Alor, Manggarai, Rote, Sabu, Belu, dan Malaka (Kotta et al., 2020).

2. Morfologi Tumbuhan Kelor (*Moringa oleifera*)

Tanaman kelor berupa pohon dengan jenis kayu lunak, berdiameter 30 cm dan memiliki kualitas rendah. Daun tanaman kelor memiliki karakteristik bersirip tak sempurna, kecil, berbentuk telur, sebesar ujung jari. Helaian anak daun memiliki warna hijau sampai hijau kecokelatan, bentuk bundar telur atau bundar telur terbalik, panjang 1-3 cm, lebar 4 mm sampai 1 cm, ujung daun tumpul, pangkal daun membulat, tepi daun rata. Kulit akar berasa dan beraroma tajam serta pedas, bagian dalam berwarna kuning pucat, bergaris halus, tetapi terang dan melintang. Akarnya sendiri

tidak keras, bentuk tidak beraturan, permukaan luar kulit agak licin, permukaan dalam agak berserabut, bagian kayu warna coklat muda, atau krem berserabut, sebagian besar terpisah (Antioksidan, 2021)

3. Kandungan dan Manfaat biji kelor

Biji kelor (*Moringa oleifera*) mengandung banyak senyawa bioaktif seperti flavonoid, glukosinolat, isothiocyanate, alkaloid, saponin, serta komponen lemak sehat seperti asam lemak tak jenuh (Kamran et al., 2023). Komposisi fenolik dan flavonoid pada bijinya memberi aktivitas antioksidan yang tinggi, sehingga dapat membantu menetralkan radikal bebas dan mengurangi stres oksidatif pada sel tubuh (Ayu et al., 2024). Senyawa seperti isothiocyanate dari biji kelor juga memiliki efek antibakteri dan hepatoprotektif, serta diperkirakan dapat menurunkan kolesterol, sehingga cocok sebagai agen fitofarmaka alami (Salman et al., 2023). Selain itu, protein biji kelor juga berkualitas tinggi dan dapat digunakan sebagai sumber nutrisi padat, serta sebagai flokulan alami dalam pemurnian air, menjadikannya bahan multifungsi dalam aplikasi kesehatan dan lingkungan (Hayat et al., 2019).



Gambar 2.6 Biji Kelor
Sumber : (Anzano et al., 2021)

D. Metode Ekstraksi

Ada pengujian ini di mana biji kelor akan diambil ekstraknya dengan cara memisahkan zat-zat dari campuran menggunakan pelarut. Metode ekstraksi yang diterapkan adalah maserasi. Istilah maserasi berasal dari "Macerare" yang berarti "Merendam", yang merupakan proses pengambilan simplisia menggunakan pelarut pada suhu ruangan dengan beberapa kali pengocokan atau adukan. Maserasi merupakan proses pengambilan simplisia dengan teknik merendam dan beberapa kali pengocokan ataupun pengadukan pada suhu ruangan. Cairan pelarut akan masuk melalui dinding sel dan menembus rongga sel yang menyimpan zat aktif untuk larut, disebabkan oleh perbedaan konsentrasi antara larutan zat aktif di dalam dan di luar sel, sehingga larutan yang lebih pekat didorong keluar. Proses ini berlangsung berulang-ulang hingga tercapai keseimbangan konsentrasi antara larutan di dalam dan di luar sel. Pelarut yang dapat digunakan dalam proses ini meliputi air, etanol, metanol, campuran etanol dan air, atau pelarut lain. Remaserasi diartikan sebagai

penambahan pelarut setelah saringan maserat pertama, dan proses ini dapat dilanjutkan lebih lanjut. Keuntungan dari teknik penyarian dengan maserasi adalah kesederhanaan dalam proses dan alat yang digunakan, sehingga mudah untuk diterapkan. Metode maserasi juga dapat mencegah kerusakan pada senyawa-senyawa yang peka terhadap suhu (Islamiyati et al., 2023).

E. Uji Efektivitas Antimikroba

Pada percobaan ini, diukur respons pertumbuhan komunitas mikroba terhadap zat antimikroba. Jenis teknik yang diterapkan untuk menguji keefektifan antimikroba adalah metode difusi. Difusi merupakan sebuah cara dalam pemeriksaan antibiotik dengan memanfaatkan kertas cakram sebagai media untuk senyawa antibiotik. Teknik ini lebih dikenal sebagai metode Kirby-Bauer, yang melibatkan pengamatan pada luas zona hambat yang muncul di sekitar kertas cakram. Nama Kirby-Bauer diberikan kepada metode difusi karena dikembangkan dan distandarisasi oleh sejumlah ilmuwan, termasuk William M. Kirby dan Alfred W. Bauer. Dasar dari metode difusi ini adalah penerapan kertas cakram sebagai media untuk membawa antibiotik. Antibiotik yang terdapat pada kertas cakram akan menyebar ke dalam media agar yang telah diinokulasi dengan bakteri, dan setelah proses inkubasi, zona bening akan terbentuk. Zona bening ini terbentuk karena adanya penghambatan bakteri oleh konsentrasi antibiotik yang tinggi yang terdifusi ke dalam media. Diameter dari zona bening pada kertas cakram digunakan untuk menilai sensitivitas

terhadap antibiotik dan untuk menentukan nilai MIC. Metode Kirby-Bauer menetapkan standar ukuran diameter zona hambat, yang dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu sensitif, intermediet, dan resistan. Ukuran zona bening biasanya dipengaruhi oleh laju difusi dari antibiotik, tingkat sensitivitas bakteri, dan kecepatan pertumbuhan bakteri. Zona hambat yang muncul di sekeliling kertas cakram antibiotik menunjukkan nilai yang berbanding terbalik dengan MIC. Semakin besar zona hambat, semakin kecil konsentrasi daya hambat minimum (MIC)(Connie R. Mahon., 2019).

F. Kajian Empirik

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan uji aktifitas daya hambat ekstrak biji kelor terhadap bakteri diantaranya seperti yang tertera pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kajian Empiris

NO	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Wigunarti,Sri Pujiyanto,Agung (Wigunarti et al., 2019)	Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i> L.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i> .	Metode difusi cakram	Hasil penelitan <i>S. aureus</i> - Konsentrasi 75%: 14,75 mm - Konsentrasi 50%: 13,16mm - Konsentrasi 25%: 10,20 mm <i>E. coli</i> -Konsentrasi 75%: 3,50mm -Konsentrasi 50%: 3,40 mm - Konsentrasi 25%: 1,10 mm
2.	Sakyibea Cecilia Afua,Mary Anti Chama Mary-MagdaleneDonkor	In vitro antibacterial activity of	metode disk diffusion; MIC	Hasil penelitian -Ekstrak air biji dan daun: 20–32,5 mm

	and Godfred Futagbi(A penteng-takyaiko et al., 2025)	Moringa oleifera leaf and seed extracts against antibiotic- resistant bacteria and clinical isolates	dihitung dengan microdilusi.	
NO	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
3.	Erna, Indrya, Fajrin, Kurniaty (Irawati et al., 2021)	Efektivitas Daya Hambat Antibakteri Ekstrak Metanol Biji Kelor (Moringa Oleifera) terhadap pertumbuhan Porphyromonas Gingivalis (in Vitro)		Hasil penelitian - konsentrasi 2,5%: 7,27 mm - konsentrasi 5%: 7,48 mm - konsentrasi 10%: 8,22 mm - konsentrasi 15%: 9,99 mm - konsentrasi 20%: 11,39 mm - konsentrasi 25%: 12,94 mm