

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Tumbuhan Kelor



Gambar 1 Daun Kelor

1. Klasifikasi Tumbuhan Kelor

Berdasarkan hasil determinasi dan identifikasi tanaman dilakukan pada Herbarium Medanense (MEDA) di Universitas Sumatera Utara. Berdasarkan hasil penelusuran tersebut, posisi sistematika atau taksonomi dari tanaman kelor dijabarkan sebagai berikut::

Divisi : *Plantae*
Sub divisi : *Spermatophyta*
Kelas : *Dicotyledoneae*
Bangsa : *Brassicales*
Suku : *Moringaceae*
Marga : *Moringa*
Jenis : *Moringa oleifera* Lam.
Nama Lokal : Kelor

2. Asal-usul Tumbuhan Kelor (*Moringa oleifera* L.)

Moringa oleifera L. atau yang kita kenal dengan nama kelor adalah spesies yang paling terkenal dari tiga belas spesies dalam genus *Moringaceae*. Tanaman kelor berasal dari wilayah Agra dan Oudh, yang terletak di bagian Barat Laut India,

kawasan pegunungan Himalaya Selatan. Tanaman kelor telah digunakan oleh masyarakat India kuno sebagai obat tradisional berkat kandungan minyak nabati pada bijinya. Selain itu, tanaman ini memiliki habitat tumbuh yang luas, mencakup daerah beriklim panas, semi-kering, hingga tropis (Santoso, Parwata dan Soemeinaboedhy, 2017).

3. Morfologi Tumbuhan Kelor

Tumbuhan Kelor merupakan pohon berkayu lunak yang memiliki kualitas rendah dengan diameter batang mencapai 30 cm. Tanaman ini memiliki daun majemuk menyirip ganda tidak sempurna berbentuk oval kecil seukuran ujung jari dengan warna hijau hingga hijau kecokelatan. Karakteristik makroskopis dari helaian daunnya menunjukkan morfologi serupa bulat telur (ovatus) ataupun bulat telur terbalik (obovatus). Dimensi daun ini memiliki rentang panjang berkisar 1-3 cm serta lebar antara 4-10 mm. Karakter spesifik lainnya meliputi apeks (ujung) yang tumpul, bagian basis (pangkal) berbentuk bulat, dengan margo (tepi) yang rata. Sementara itu, karakteristik organoleptik kulit akar *Moringa oleifera* L. berupa rasa dan aroma pedas yang tajam, dengan korteks bagian dalam berwarna kuning pucat serta menunjukkan guratan melintang yang halus (Marhaeni, 2021).

4. Manfaat dan Kandungan Tanaman Kelor

Tanaman kelor secara ilmiah telah terbukti sebagai sumber tinggi nutrisi dengan kekayaan khasiat obat yang melebihi tanaman lainnya. Melalui karakteristik tersebut, *Moringa oleifera* L. memiliki potensi signifikan dalam mengatasi malnutrisi serta berperan sebagai agen preventif dan kuratif terhadap berbagai penyakit. Komponen daun dari spesies ini kaya akan zat gizi esensial, yang mencakup unsur makro dan mikro dengan ketersediaan hayati (bioavailability) yang tinggi seperti protein, mineral (kalsium, kalium, ferum/zat besi), serta keragaman vitamin meliputi vitamin A, C, dan kelompok vitamin B kompleks. Selain itu, hampir seluruh organ dari tanaman ini-mulai dari helaian daun, struktur perakaran, biji, kulit batang (korteks), buah, bagian bunga, hingga fase polong yang telah masak diketahui menyimpan beragam efek farmakologis (Krisnadi, 2015).

Senyawa metabolit sekunder daun kelor memiliki mekanisme antibakteri yang beragam dalam melumpuhkan mikroorganisme. Saponin bekerja dengan cara mengganggu metabolisme glukosa, menghambat sintesis protein, dan menurunkan

aktivitas enzim hal ini berimplikasi pada terhentinya proliferasi atau multiplikasi sel bakteri. Sementara itu, aktivitas senyawa flavonoid berlangsung dengan merusak permeabilitas dinding serta membran sel sehingga terhambatnya metabolisme energi. Sementara itu, tanin melumpuhkan bakteri melalui denaturasi protein dan gangguan sistem pencernaan seluler. Steroid berinteraksi dengan membran lipid yang menyebabkan kebocoran serta perubahan morfologi sel hingga pecah. Komponen terpenoid bekerja dengan merusak integritas protein yang terletak di area membran luar pembungkus sel bakteri. Dampak dari mekanis ini memicu hambatan pada sistem transportasi nutrisi serta menstimulasi terjadinya lisis atau kematian sel akibat defisiensi nutrisi (Dangur, Kallau dan Wuri, 2020).

B. Metode Ekstraksi

Ekstraksi adalah proses memisahkan senyawa dari suatu campuran atau bahan baku obat dengan menggunakan pelarut tertentu. Pemilihan metode ekstraksi ditentukan dengan mempertimbangkan karakteristik senyawa aktif, jenis pelarut yang diaplikasikan, serta ketersediaan peralatan laboratorium. Secara garis besar, teknik penarikan zat aktif ini diklasifikasikan ke dalam dua kelompok utama, yakni metode suhu rendah (dingin) serta suhu tinggi (panas). Pada pengerjaan ekstraksi dingin, prosesnya menghindari penggunaan kalor pemanasan selama proses ekstraksi, dengan tujuan mencegah kerusakan pada senyawa yang diinginkan. Sebaliknya, ekstraksi panas melibatkan pemanasan selama proses ekstraksi untuk mempercepat proses penyatuan zat aktif (Hujjatusnaini *et al.*, 2021).

Metode infusa didefinisikan sebagai proses penyarian zat aktif dari simplisia dengan memanfaatkan pelarut air panas atau aquadest yang dikondisikan pada temperatur 90°C selama jangka waktu 15 menit. Pemilihan metode infusa dengan larut ini bertujuan untuk mengekstraksi senyawa aktif yang bersifat hidrofolik secara optimal (Yuliani dan Dienina, 2015). Teknik penyarian efisien apabila simplisia berstruktur lunak, seperti daun, bunga, atau bagian atas tanaman yang berdinding sel tipis, sehingga kandungan senyawa aktif terekstraksi secara optimal tanpa degradasi (Sakti, Rahmawati dan Fazadini, 2024).

C. Bakteri

Bakteri adalah mikroorganisme bersel tunggal berukuran mikroskopis yang termasuk dalam kelompok prokariota. Bakteri tidak memiliki inti sel yang dikelilingi membran. Bakteri memiliki materi genetik berupa DNA yang terletak di dalam sitoplasma, perkembangbiakan bakteri terjadi melalui pembelahan biner. Bakteri merupakan organisme yang memiliki dinding sel tetapi tidak berklorofil. Keberadaan mikroorganisme tersebut dapat dideteksi diseluruh penjuru bumi, baik sebagai bagian dari flora normal maupun sebagai penyebab infeksi. Flora normal mengacu pada mikroorganisme yang menghuni suatu area tertentu tanpa menyebabkan penyakit pada inangnya (Sari *et al.*, 2017).

1. Bentuk Morfologi Bakteri

Bakteri memiliki berbagai bentuk morfologi yang diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis sel (Apriani *et al.*, 2014).

a. Bakteri Bentuk Batang atau Basil (*Bacillus*)

Berdasarkan morfologi selnya, kelompok bakteri berbentuk batang atau basil (*bacillus*), dikelompokkan oleh beberapa jenis, yaitu:

- 1) *Monobasil* merupakan konfigurasi bakteri yang hanya terdiri atas satu sel batang tunggal seperti *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, serta *Pseudomonas aeruginosa*.
- 2) *Diplobasil* merupakan morfologi bakteri yang berbentuk batang yang hidup berpasangan (berkelompok dua-dua) seperti *Moraxella bovis* dan *Renibacterium salmoninarum*.
- 3) *Streptobasil* merupakan susunan sel basil yang saling bertautan ujung ke ujung hingga membentuk struktur menyerupai rantai panjang seperti *Azotobacter sp.*, *Bacillus anthracis*, serta *Streptobacillus moniliformis*.

b. Bakteri Bentuk Bulat (*coccus*)

Berdasarkan karakteristik geometrisnya, kelompok bakteri berbentuk bulat atau *kokus* (*Coccus*) dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu:

- 1) *Monokokus* merupakan konfigurasi paling sederhana dimana sel *kokus* hidup secara berdiri sendiri sebagai unit tunggal seperti *Neisseria gonorrhoeae*.

- 2) *Diplokokus* merupakan bakteri bersel bulat yang berpasangan secara duplet (dua-dua) seperti *Diplococcus pneumonia*.
- 3) *Sarkina* merupakan bakteri berbentuk menyerupai kubus yang terdiri atas delapan sel atau lebih saling tegak lurus secara teratur seperti *Sarcina ventriculi* dan *Micrococcus luteus*.
- 4) *Streptokokus*, yaitu bakteri berbentuk bulat yang membentuk rantai panjang atau pendek.
- 5) *Stafilokokus* dikenali dari bentuk bulatnya yang berkumpul secara acak dan tidak teratur, menyerupai gugusan buah anggur.

c. Bakteri bentuk spiral

- 1) *Spiral* adalah kelompok bakteri berbentuk spiral, seperti *Spirillum* *Vibrio*.
- 2) *Spiroseta* merupakan bakteri dengan struktur heliks atau spiral yang memiliki fleksibilitas tinggi. Karakteristik gerak tubuhnya mampu meregang dan mengerut, seperti *Treponema pallidum*.

2. Klasifikasi Bakteri

a. Bakteri Gram Positif

Kemampuan kelompok bakteri Gram-positif untuk mengikat kompleks pewarna primer (*crystal violet*) dengan kuat selama proses pewarnaan gram, dipengaruhi oleh dinding sel bakteri tebal. Ketebalan lapisan peptidoglikan yang tebal pada kelompok bakteri ini diperkuat oleh keberadaan asam teikoat beserta asam lipoteikoat, yang menyerap *crystal violet*. Ketika dekolorisasi diberikan, dinding sel akan tetap mempertahankan pewarna primer. Akibatnya, saat pewarna sekunder diberikan, dinding sel tidak lagi dapat menyerapnya karena sudah jenuh oleh pewarna *crystal violet*. Beberapa mikroorganisme yang termasuk dalam kategori Gram-positif meliputi spesies *Bacillus subtilis* serta *Staphylococcus aureus* (Sari *et al.*, 2017).

b. Bakteri Gram Negatif

Karakteristik struktural yang khas dari mikroorganisme Gram-negatif terletak pada kompleksitas penyusun susunan dinding sel yang unik. Karakteristik ini terbentuk dari lapisan peptidoglikan dengan ukuran yang tipis, dikelilingi oleh membran eksternal yang kaya akan kandungan protein,

fosfolipid, dan lipopolisakarida. Ketika sel bakteri diberi zat dekolorisasi, kompleks pewarna primer *crystal violet* pada dinding selnya akan terlepas. Akibatnya, dinding sel menjadi luntur dan siap menyerap pewarna sekunder, yaitu safranin, yang memberikan rona merah. Kelompok bakteri yang memiliki karakteristik ini adalah *Salmonella typhi*, *Escherichia coli* (Sari *et al.*, 2017).

D. Bakteri *Salmonella typhi*



Gambar 2 Morfologi Bakteri *Salmonella typhi*
Sumber: (Kasim, 2020)

Salmonella sp. diklasifikasikan ke dalam bakteri berkarakteristik Gram-negatif dengan morfologi berbentuk batang (*basil*) serta kondisi lingkungan pertumbuhan yang spesifik. Keberadaan mikroorganisme ini diamati pertama kali oleh ilmuwan Eberth 1880 dan dikonfirmasi melalui pembiakan oleh Robert Koch tahun 1881. Dari segi struktur, bakteri berukuran $2-4\ \mu\text{m} \times 0,6\ \mu\text{m}$ ini hidup di saluran pencernaan manusia serta hewan, dengan susunan sel dari luar ke dalam meliputi flagela sebagai alat gerak (kecuali pada jenis *S. Gallinarum* dan *S. Pullorum*), kapsul, dinding sel Gram negatif, membran sel, mesosom, lapisan fotosintesis, sitoplasma, DNA, plasmid, dan ribosom. Sebagai organisme prokariotik, *Salmonella sp.* tidak memiliki endomembran maupun organel bermembran seperti kloroplas dan mitokondria, serta karakteristiknya tidak membentuk spora atau endospora. Untuk bertahan hidup, bakteri ini tumbuh subur pada lingkungan berpH 6-8 dengan rentang suhu $15-41^{\circ}\text{C}$ (optimal pada suhu 37°C), meski demikian, *Salmonella typhi* dapat dihilangkan lewat tindakan klorinasi, pasteurisasi, dekoksi, maupun paparan termal pada suhu $54,4^{\circ}\text{C}$ selama jangka waktu 60 menit, ataupun inkubasi panas pada suhu 60°C dalam rentang waktu 15 hingga 20 menit (Kasim, 2020).

1. Demam Tifoid

Manifestasi klinis demam tifoid dipicu secara primer oleh aktivitas infeksi *Salmonella enterica serotipe typhi* (*Salmonella typhi*). Penyakit sistemik yang bersifat akut ini secara spesifik menyerang saluran pencernaan, dimana bakteri patogen akan bermultiplikasi di dalam sel fagositit mononuklear dan dilepaskan dalam pembuluh darah (Kasim, 2020).

Patogenesis infeksi *Salmonella typhi* diawali melalui transmisi rute fekal-oral oleh makanan atau minuman yang terkontaminasi. Proses ini memicu aktivasi sistem imun inang yang komprehensif, mencakup respons lokal, sistemik, spesifik, nonspesifik, serta imunitas humoral dan seluler. Manifestasi infeksi klinis sangat bergantung pada kemampuan bakteri untuk melewati barier asam lambung ($\text{pH} \leq 3, 5$), menuju ke usus halus, hingga menembus sirkulasi darah. Meski manifestasi klinisnya belum terlihat, bakteri ini telah menyebar ke organ hati, limpa kantung empedu, sumsum tulang, hingga ginjal dalam kurun waktu 24 sampai 72 jam (Kasim, 2020).

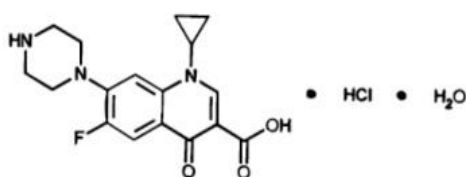
E. Antibiotika

Antibiotik merupakan zat kimia pembunuh bakteri hasil produksi jamur dan bakteri yang memiliki tingkat toksisitas rendah terhadap manusia. Mekanisme kerja zat ini dengan menekan laju perkembangan sel bakteri didalam tubuh. Penemuan zat antibakteri ini terjadi secara aksidental lewat pengamatan oleh Dr. Alexander Fleming di Inggris pada tahun 1928. Pemanfaatan baru direalisasikan pada tahun 1941. Momentum permulaan Perang Dunia II menjadi pemicu utama pengembangan obat antibakteri untuk menekan angka infeksi fatal pada prajurit yang terluka pada pertempuran (Tjay dan Rahardja, 2015).

Proses produksi antibiotik dilakukan melalui metode mikrobiologi dengan memanfaatkan budidaya jamur. Jamur dibiakkan di dalam tangki besar yang berisi nutrisi khusus. Untuk mempercepat pertumbuhan jamur dan mengoptimalkan hasil produksi antibiotik, oksigen atau udara steril dialirkan ke dalam media kultur tersebut. Setelah proses pembiakan selesai, antibiotik yang terbentuk akan diisolasi dari media kultur untuk dimurnikan dan diuji tingkat aktivitasnya (Tjay dan Rahardja, 2015).

Berdasarkan kemampuannya dalam membunuh bakteri, antibiotik dibagi menjadi dua kategori, yaitu bakterisidal dan bakteriostatik. Antibiotik bakteriostatik, bekerja dengan cara menghambat pertumbuhan bakteri, yaitu tetrasiklin, spektinomisin, sulfonamida, makrolida, kloramfenikol, dan trimetoprim. Sedangkan Antibiotik bakterisidal adalah antibiotik yang bekerja dengan cara membunuh bakteri, yaitu penisilin, fluoroquinolon, glikopeptida, monobactam, dan karbapenem (Aditya, Kestriani dan Maskoen, 2016).

F. Antibiotik *Ciprofloxacin*



Gambar 3 Struktur Atom *Ciprofloxacin*

Aktivitas bakterisidal antibiotik Ciprofloxacin, yang merupakan agen antimikroba spektrum luas golongan fluoroquinolon, dimanifestasikan melalui supresi terhadap kerja enzim DNA gyrase. Keberadaan komponen enzim tersebut memfasilitasi relaksasi pilinan superkoil DNA selama fase penggandaan genetik mikroba. Ketika Ciprofloxacin berikatan dengan DNA gyrase, proses pembelahan sel patogen akan terhenti. Karena efek terapeutiknya, antibiotik ini digunakan pada talaksana klinis berbagai penyakit infeksi akibat paparan patogen, baik dari golongan mikroorganisme Gram-positif maupun Gram-negatif. Beberapa contoh bakteri sensitif meliputi *Clostridium*, *Mycobacterium*, *Staphylococcus*, *Brucella*, *Enterobacter*, *Salmonella*, *Shigella*, dan *Escherichia coli* (Meinisasti, Halim dan Zaini, 2015). Berdasarkan acuan dari Clinica/ Laboratory Standards Institute (CLSI) terkait bioesai antibakteri, standarisasi interpretasi untuk cakram Ciprofloxacin dosis 5 µg dikelompokkan menjadi tiga parameter: kategori peka (sensitif) jika zona hambat yang terbentuk mencapai diameter ≥ 21 mm, status intermediate pada rentang ukuran 16-20 mm, serta dikonfirmasi resisten bilamana area jernih penahanan sel hanya berukuran < 13 mm (CLSI, 2015).

G. Uji Sensitivitas Antibakteri

Uji sensitivitas bakteri merupakan metode untuk mengidentifikasi dan mengukur efektivitas produk alami sebagai agen antibakteri. Melalui metode ini, potensi suatu produk dalam menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri dapat diketahui (Ramadhani dan Roslina, 2020). Tingkat sensitivitas ditentukan berdasarkan kemunculan area jernih di sekitar cakram pada media kultur, yang keberadaan zona bening ini membuktikan bahwa aktivitas bakteri terhenti. Kekuatan diameter zona bening diukur menggunakan jangka sorong dalam satuan sentimeter lalu dikonversi ke milimeter (Kurniawan, Zuhdi dan Nasution, 2023).

Tabel 1 Kategori daya Hambat (Davis & sout, 1971) dalam (Muldianah *et al.*, 2023)

Zona Bening	Diameter Zona Bening (mm)
Lemah	<5
Sedang	6-10
Kuat	11-20
Sangat Kuat	>21

Terdapat beberapa jenis prosedur laboratorium yang dapat digunakan untuk menguji respons bakteri terhadap paparan zat antibakteri, yaitu:

1. Metode Difusi

a. Metode Difusi Cakram (*Kirby-Bauer*)

Pendekatan Kirby-Bauer sebagai representasi metode difusi cakram dalam mengevaluasi kepekaan mikroba. Langkah awal pengujian melibatkan penyebaran suspensi bakteri terstandar secara merata di atas medium kultur Mueller Hinton Agar. Di atas permukaan media tersebut, ditempatkan kertas saring cakram yang membawa agen antibakteri dengan dosis spesifik, lalu diinkubasi pada kondisi suhu 35°C dalam rentang waktu 18 hingga 24 jam. Evaluasi efikasi antibakteri ini didasarkan pada besaran diameter halo hambat yang muncul mengitari cakram di akhir fase inkubasi (Apriani *et al.*, 2014).

b. Metode Difusi Sumuran (*well diffusion method*)

Pada teknik difusi sumuran, pengujian diawali dengan melubangi media agar padat berpembawa bakteri uji secara vertikal. Pengaturan jarak dan total sumuran disesuaikan dengan variabel penelitian sebelum diisi dengan formula antibakteri. Pendekatan ini dinilai sangat efisien dalam memfasilitasi

pembacaan diameter daerah hambatan, sebab difusi zat aktif mampu menghasilkan zona bening yang menembus dari permukaan atas hingga mencapai dasar cawan agar (Nurhayati, Yahdiyani dan Hidayatulloh, 2020).

2. Metode Dilusi

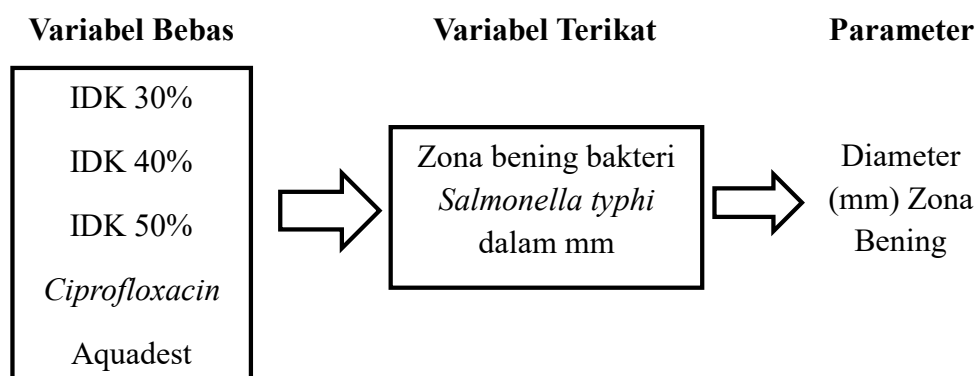
a. Metode Dilusi Cair (*Broth Dilution*)

Uji sensitivitas antibiotik dilusi cair, merupakan pendekatan kuantitatif untuk menetapkan nilai *Minimum Inhibitory Concentration* antibakteri terhadap bakteri uji. Prosedur ini dilakukan dengan membuat seri pengenceran antibiotik didalam tabung reaksi, kemudian diinokulasikan dengan suspensi bakteri. Penentuan kadar *Minimum Inhibitory Concentration* dilakukan setelah masa inkubasi, dengan mengidentifikasi tingkat konsentrasi antibakteri terendah yang masih memperlihatkan kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri (Apriani *et al.*, 2014).

b. Metode Dilusi Padat (*Solid Dilution*)

Nilai Kadar Bakterisidal Minimum dari suatu agen antimikroba ditentukan melalui metode dilusi padat. Prosedur metode ini dilakukan dengan menginokulasikan mikroorganisme ke dalam media agar padat yang telah diinokulasikan senyawa antibakteri (Burhan *et al.*, 2022).

H. Kerangka Konsep



Penjelasan :

IDK 30% : Infusa Daun Kelor (*Moringa oleifera L.*) 30%

IDK 40% : Infusa Daun Kelor (*Moringa oleifera L.*) 40 %

IDK 50 % : Infusa Daun Kelor (*Moringa oleifera L.*) 50%

I. Definisi Operasional

1. Pada perlakuan kelompok uji, sediaan infusa yang diperoleh dari daun kelor (*Moringa oleifera L.*) dipersiapkan dalam ragam tingkat konsentrasi meliputi 30%, 40%, serta 50%.
2. *Ciprofloxacin* merupakan antibiotik golongan kuinolon spektrum luas yang digunakan sebagai kontrol positif untuk perkembangan isolat *Salmonella typhi* menggunakan teknik difusi sumuran.
3. Aquadest sebagai kontrol negatif.
4. Kemampuan senyawa antibakteri untuk menekan laju perkembangan bakteri didasarkan pada diameter zona bening, yang diperoleh melalui pengukuran menggunakan jangka sorong bersatuan milimeter (mm).
5. Karakteristik zona bening terlihat dari terbentuknya lingkaran bening di sekeliling sumuran yang menandakan bahwa *Salmonella typhi* tidak mampu hidup di area tersebut.

J. Hipotesis

Terdapat daya hambat aktivitas antibakteri infusa daun kelor (*Moringa oleifera L.*) terhadap bakteri *Salmonella typhi* pada konsentrasi 30%, 40%, dan 50% melalui metode difusi sumuran.