

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.)

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*) merupakan tanaman alami tumbuhan Indonesia. Jarak pagar (*Jatropha curcas*) tergolong tanaman dikotil dalam famili *Euphorbiaceae* dan genus *Jatropha*. Berikut adalah klasifikasinya:

Kingdom : *Plantae*
Phylum : *Magnoliophyta*
Class : *Magnoliopsida*
Ordo : *Euphorbiales*
Famili : *Euphorbiaceae*
Genus : *Jatropha*
Spesies : *Jatropha curcas* L.



Gambar 2. 1 Tumbuhan Jarak Pagar

Jarak pagar (*Jatropha curcas*) adalah tanaman perdu yang memiliki tinggi 1-7 m dengan cabang yang tidak teratur. Batangnya berkayu dan apabila dipotong atau terluka akan mengeluarkan getah. Daun utama tanaman ini berlekuk, tunggal, memiliki sudut 3 atau 5 dimana memiliki tulang daun yang menjari dengan 5-7 tulang utama, warna daun hijau namun warna permukaan daun bagian bawah lebih pucat. Tangkai tanaman ini dapat mencapai 4-15 cm, bunga yang dihasilkan berupa bunga majemuk dengan warna kuning kehijauan. Buah berwarna hijau ketika muda dan akan

berubah menjadi kuning kecoklatan atau kehitaman ketika masak. Buah terbagi menjadi tiga ruang, masing – masing ruang berisi satu biji sehingga dalam setiap buah terdapat 3 biji. Bijinya berbentuk bulat lonjong (Halimatussakdiah, 2019).

Jarak pagar (*Jatropha curcas*) merupakan tanaman yang kaya akan berbagai zat kimia alami yang bermanfaat bagi kesehatan. Beberapa zat kimia utama yang terkandung di dalamnya adalah (Meilina, 2023):

- A. **Alkaloid:** Senyawa ini memiliki banyak khasiat, mulai dari mencegah pertumbuhan sel kanker, melawan virus, hingga menurunkan tekanan darah dan gula darah.
- B. **Terpenoid:** Zat ini sangat berguna untuk mengurangi peradangan, melindungi sel dari kerusakan, dan melawan sel kanker.
- C. **Flavonoid:** Senyawa ini juga berperan sebagai antioksidan yang kuat, mengurangi peradangan, dan melawan bakteri.
- D. **Tanin:** Zat ini sering digunakan untuk mengobati diare karena memiliki sifat yang dapat mengencangkan jaringan.
- E. **Saponin:** Senyawa ini dapat merusak sel darah merah dan sering digunakan sebagai bahan pembersih.

Berdasarkan kandungan zat aktif diatas, jarak pagar memiliki banyak khasiat untuk kesehatan. Beberapa di antaranya adalah:

- A. **Meredakan Peradangan:** Daun jarak pagar dapat membantu mengurangi peradangan dalam tubuh, seperti peradangan pada sendi atau kulit.
- B. **Melindungi Sel:** Kandungan antioksidannya yang tinggi membuat daun jarak pagar mampu melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas.
- C. **Membunuh Bakteri:** Daun jarak pagar efektif dalam melawan beberapa jenis bakteri penyebab penyakit.
- D. **Mengurangi Nyeri:** Daun jarak pagar dapat digunakan untuk meredakan berbagai jenis nyeri.

E. **Menurunkan Panas:** Ekstrak daun jarak pagar juga dapat membantu menurunkan suhu tubuh saat demam.

2.2 Antibiotik

Antibiotik adalah senyawa yang digunakan untuk mengatasi infeksi bakteri. Senyawa ini bisa berasal dari alam atau hasil sintesis di laboratorium. Mekanisme kerjanya beragam, mulai dari menyerang struktur sel bakteri, mengganggu proses pembentukan protein, hingga merusak materi genetik bakteri (Muntasir *et al*, 2022). Antibiotik diklasifikasikan berdasarkan targetnya pada bakteri, yaitu :

A. Antibiotik yang menyerang dinding sel bakteri

Dinding sel bakteri merupakan lapisan pelindung yang terbuat dari bahan khusus bernama peptidoglikan. Peptidoglikan ini tersusun dari dua jenis gula, yaitu N-asetilglukosamin dan asam N-asetilmuramin. Ketebalan dinding sel bakteri bisa berbeda-beda, tergantung jenis bakterinya. Bakteri Gram positif memiliki dinding sel yang lebih tebal dibandingkan bakteri Gram negatif. Dinding sel bakteri disatukan oleh ikatan silang yang dibentuk oleh enzim khusus bernama *Penicillin Binding Protein* (PBP). Setiap jenis bakteri memiliki jumlah dan jenis PBP yang berbeda-beda, namun bakteri yang sama (Muntasir *et al*, 2022) cenderung memiliki pola yang serupa. Beberapa jenis antibiotik yang dapat menyerang dinding sel bakteri antara lain: β -laktam, glikopeptida, daptomisin dan colistin (Muntasir *et al*, 2022).

B. Antibiotik yang menghambat produksi protein baru dalam bakteri

Protein adalah bahan dasar bagi semua makhluk hidup, termasuk bakteri. Untuk bisa tumbuh dan berkembang biak, bakteri perlu membuat protein. Antibiotik tertentu bekerja dengan cara menghambat proses pembuatan protein pada bakteri. Antibiotik ini akan menempel pada ribosom bakteri, yang merupakan pabrik pembuat protein. Dengan begitu, proses penyambungan asam amino untuk membentuk protein terganggu, sehingga bakteri tidak bisa menghasilkan protein yang dibutuhkan dan akhirnya mati. Contoh antibiotik: Tetrasiklin, makrolida

(eritromisin), aminoglikosida (streptomisin) dan klindamisin (Muntasir *et al*, 2022).

C. Antibiotik yang merusak DNA bakteri

Antibiotik ini bekerja dengan mengganggu proses penggandaan dan perbaikan materi genetik bakteri. Kerusakan yang ditimbulkan pada DNA bakteri menyebabkan bakteri tidak dapat berkembang biak dan akhirnya mati. Contohnya, antibiotik kuinolon bekerja dengan cara menghambat enzim yang penting untuk menggandakan DNA bakteri, sehingga proses penggandaan DNA menjadi terganggu dan bakteri tidak dapat berkembang (Muntasir *et al*, 2022).

2.2.1 Jarak Pagar Sebagai Antibiotik Alami

Jarak pagar memiliki potensi besar sebagai sumber antibiotik alami. Berdasarkan kandungan senyawa bioaktifnya yang beragam memberikannya kemampuan untuk (Meilina, 2023):

- A. **Alkaloid:** Zat alami yang banyak terdapat pada tumbuhan. Zat ini mengandung nitrogen dan memiliki kemampuan untuk membunuh berbagai jenis bakteri, bahkan yang sudah kebal terhadap obat-obatan biasa. Cara kerjanya mirip seperti 'racun' bagi bakteri, yaitu dengan merusak bagian-bagian penting sel bakteri seperti dinding sel, inti sel, dan sistem produksi proteinnya.
- B. **Triterpenoid:** Senyawa yang menjadi komponen utama penyusun minyak atsiri. Ia memiliki kemampuan untuk melawan bakteri dengan mengganggu proses pembentukan lapisan pelindung sel bakteri, yaitu membran dan dinding sel.
- C. **Flavonoid:** Senyawa alami yang berperan sebagai pertahanan tanaman terhadap infeksi bakteri. Senyawa ini bekerja dengan cara yang beragam, seperti merusak dinding pelindung bakteri, melumpuhkan enzim-enzim penting dalam bakteri, menghambat pertumbuhan bakteri, dan mengganggu fungsi sel bakteri.
- D. **Tanin:** Zat alami yang sangat berguna dalam tumbuhan dan memiliki banyak manfaat bagi kesehatan. Salah satu manfaat

utamanya adalah kemampuannya untuk membunuh bakteri. Tanin bekerja dengan cara yang sangat efektif untuk melawan bakteri, yaitu dengan: mencegah pembentukan sel bakteri, mengganggu fungsi protein bakteri, mencegah bakteri menempel, merusak dinding sel bakteri dan menggumpalkan protein bakteri.

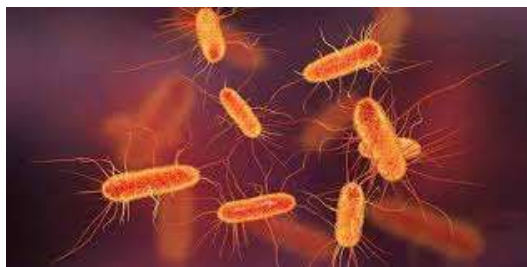
- E. **Saponin:** Senyawa alami yang ditemukan di banyak tumbuhan dan organisme laut. Senyawa ini memiliki sifat seperti deterjen yang dapat merusak lapisan pelindung bakteri, yaitu dinding sel. Akibatnya, bakteri tidak dapat bertahan hidup dan mati.

2.3 Bakteri

3.6.1 *Escherichia coli*

E. coli merupakan bakteri Gram negatif yang dapat hidup berdampingan dengan inang tanpa menimbulkan masalah, namun juga berpotensi menjadi penyebab penyakit. Berikut adalah klasifikasi *E. Coli* (Erjavec, 2023):

Kingdom	: <i>Bacteria</i>
Phylum	: <i>Proteobacteria</i>
Class	: <i>Gamma proteobacteria</i>
Ordo	: <i>Enterobacteriales</i>
Family	: <i>Enterobacteriaceae</i>
Genus	: <i>Escherichia</i>
Species	: <i>Escherichia coli</i>



Gambar 2. 2 Bakteri *Escherichia coli*

Sumber: Jayuska, 2020

Bakteri *E. coli* memiliki bentuk seperti batang pendek, tidak memiliki ekor (spora) dan lapisan lilin tebal (asam cepat). Ukurannya sangat kecil, sekitar 1-3 mikrometer panjangnya dan 0,4-0,7 mikrometer lebarnya. Bakteri ini bisa bergerak bebas karena memiliki banyak ekor kecil (flagela) yang tersebar di seluruh permukaan tubuhnya. *E. coli* paling nyaman hidup pada suhu tubuh manusia (37°C) dan bisa berkembang biak dengan sangat cepat hanya dalam waktu sekitar 20 menit. Beberapa jenis *E. coli* memiliki lapisan pelindung (kapsul) yang membuatnya lebih kuat. Selain itu, *E. coli* juga memiliki dinding sel yang tipis (Erjavec, 2023).

Kondisi seperti sistem kekebalan tubuh yang lemah atau gangguan pada saluran pencernaan dapat memicu sifat patogen *E. coli*. Melalui adaptasi, bakteri ini mampu menghasilkan zat-zat yang membuatnya semakin berbahaya dan menyebabkan berbagai macam penyakit. Risiko penularan *E. coli* yang berbahaya dari hewan ke manusia sangat perlu kita waspadai. Penularan bisa terjadi melalui berbagai jalur, mulai dari kontak langsung hingga konsumsi makanan (Erjavec, 2023).

E. coli adalah bakteri yang kaya akan keragaman genetik, menghasilkan berbagai strain dengan sifat-sifat yang berbeda. Kemampuannya beradaptasi dengan berbagai lingkungan, dikombinasikan dengan kemudahan manipulasinya di laboratorium, terutama dalam bidang bioteknologi. Berdasarkan karakteristik antigennya *E. coli* dibagi menjadi 3 bagian, yaitu O (antigen somatik), K (antigen kapsuler), dan H (antigen flagellar), *E. coli* dikategorikan ke dalam ratusan serotipe yang berbeda. Keragaman antigen ini mencerminkan keragaman genetik dan fenotipik dari spesies bakteri ini (Erjavec, 2023).

Bakteri Gram negatif, termasuk *E. coli*, telah berevolusi untuk mengembangkan berbagai mekanisme resistensi antibiotik. Salah satu mekanisme yang umum pada *E. coli* adalah produksi enzim

beta-laktamase spektrum luas (ESBL), yang mampu inaktivasi antibiotik golongan beta- laktam (misalnya sefalosporin, monobaktam, dll). Selain itu, munculnya strain

E. coli penghasil karbapenemase semakin mengkhawatirkan karena enzim ini mampu menghancurkan antibiotik karbapenem (misalnya imipenem, ertapenem, dan meropenem) yang merupakan lini pertahanan terakhir dalam pengobatan infeksi bakteri serius (Erjavec, 2023).

E. coli penghasil ESBL merupakan bakteri yang menghasilkan enzim khusus yang disebut beta-laktamase atau β -laktam. Enzim ini mampu menghancurkan struktur molekul antibiotik golongan penisilin dan sefalosporin, sehingga bakteri menjadi kebal terhadap antibiotik tersebut. Keragaman jenis enzim ESBL yang sangat tinggi membuat bakteri ini semakin sulit dikendalikan. Infeksi saluran kemih yang disebabkan oleh bakteri *E. coli* penghasil ESBL seringkali resisten terhadap pengobatan konvensional dan menjadi tantangan serius dalam pengendalian infeksi (Erjavec, 2023).

3.6.2 *Staphylococcus aureus*

S. aureus merupakan bakteri Gram positif dan salah satu bakteri penyebab penyakit yang paling umum dan diketahui, sering menyebabkan infeksi kulit ringan dan juga infeksi serius yang jumlahnya sangat banyak di seluruh dunia. Berikut adalah klasifikasinya (Agape, 2019):

Kingdom	: <i>Eubacteria</i>
Phylum	: <i>Firmicutes</i>
Class	: <i>Bacilli</i>
Ordo	: <i>Bacillales</i>
Famili	: <i>Staphylococcaceae</i>
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Spesies	: <i>Staphylococcus aureus</i>



Gambar 2. 3 Bakteri *Staphylococcus aureus*

Sumber: Lasmini et al., 2022

Bakteri berdiameter sekitar 1 mikrometer. Berbentuk bulat kecil yang sering ditemukan berkelompok, tidak bergerak dan tidak membentuk spora. Lapisan terluar dari bakteri *Staphylococcus aureus* adalah kapsul yang berfungsi sebagai pelindung. Dinding sel yang kuat memberikan bentuk dan kekakuan pada bakteri. Di bawah dinding sel terdapat membran sel yang mengatur lalu lintas zat masuk dan keluar sel. Bagian dalam sel, atau sitoplasma, mengandung materi genetik dan organel seluler. Kapsul membantu bakteri menghindari sistem kekebalan tubuh, sedangkan koagulase, sebuah enzim permukaan, memfasilitasi pembentukan biofilm yang dapat melindungi bakteri dari antibiotik (Agape, 2019).

S.aureus memiliki potensi untuk bertransisi menjadi patogen sistemik. Proses transisi ini melibatkan evasi imunitas inang dan eksploitasi berbagai niche lingkungan dalam tubuh. Meskipun demikian, patogenesis *S. aureus* dan respon imun dominan terhadap infeksi ini masih belum sepenuhnya terungkap. Studi sebelumnya telah menunjukkan adanya fenomena di mana hanya sebagian kecil dari populasi bakteri yang berhasil membentuk abses (Agape, 2019).

Bakteri *S. aureus* yang resisten terhadap metisilin (MRSA) telah menjadi penyebab utama infeksi bakteri nosokomial dan komunitas. Variasi geografis dalam prevalensi MRSA dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti praktik pengendalian infeksi dan karakteristik genetik klon

MRSA yang beredar. Akuisisi kromosom kaset *Staphylococcus mec* (SCCmec) oleh berbagai klon *S. aureus* telah memberikan resistensi terhadap β -laktam dan seringkali terhadap kelas antibiotik lainnya, sehingga menyulitkan pengobatan infeksi MRSA. Spektrum klinis infeksi MRSA sangat luas, mulai dari kolonisasi tanpa gejala hingga infeksi invasif yang fatal (Lee *et al.*, 2018).

2.4 Metode Ekstraksi

2.4.1 Ekstraksi dingin

A. Maserasi

Maserasi adalah metode ekstraksi pasif yang didasarkan pada prinsip difusi dan partisi. Bahan yang akan diekstraksi direndam dalam pelarut yang sesuai selama periode waktu tertentu, diikuti dengan penggantian pelarut secara berkala. Metode ini umumnya digunakan untuk senyawa yang tidak stabil pada suhu tinggi, namun efisiensi ekstraksi dapat terkendala oleh kelarutan senyawa dalam pelarut pada suhu ruang (Pratiwi, 2021).

B. Perkolasi

Metode dimana bahan padat disusun dalam kolom dan secara kontinu dialirkan pelarut segar hingga senyawa target terelusi sempurna. Proses ini umumnya dilakukan pada suhu ruang. Keuntungannya adalah pemisahan padatan dan ekstrak berlangsung secara otomatis. Namun, metode ini membutuhkan volume pelarut yang besar, waktu ekstraksi yang lama, dan kontak antara padatan dan pelarut tidak selalu merata (Pratiwi, 2021).

2.4.2 Ekstraksi Panas

A. Refluks

Metode pemisahan senyawa dari bahan padat menggunakan pelarut pada titik didihnya. Proses kondensasi uap pelarut memungkinkan penggunaan pelarut yang sama secara berulang. Metode ini efektif untuk sampel dengan matriks padat, namun konsumsi pelarutnya relatif tinggi (Pratiwi, 2021).

B. Soxhlet

Ekstraksi ini melibatkan pergantian pelarut secara kontinu dengan alat khusus yang dilengkapi kondensor. Proses ekstraksi yang berkesinambungan ini lebih efisien waktu dan pelarut. Namun, metode ini tidak cocok untuk senyawa termolabil karena paparan panas yang terus-menerus (Pratiwi, 2021).

2.5 Metode Penelitian

A. Cakram Kertas

Metode cakram ini menggunakan kertas kecil sebagai pembawa zat yang dapat membunuh kuman (antimikroba). Kertas ini kemudian diletakkan di atas media pertumbuhan bakteri. Bakteri diinokulasi selama 18-24 jam pada suhu ruang, lalu diamati daerah di sekitar kertas tersebut. Jika ada zona bening (tidak ada bakteri yang tumbuh), berarti zat antimikroba yang diuji efektif. Semakin besar zona beningnya, semakin kuat zat tersebut melawan bakteri (Agape, 2019).

B. Difusi Cair

Metode ini digunakan untuk mengukur seberapa kuat suatu zat dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Caranya adalah dengan mencampurkan zat tersebut dengan media tempat bakteri tumbuh (agar). Kemudian, dilihat seberapa sedikit zat yang dibutuhkan untuk menghentikan pertumbuhan bakteri. Semakin sedikit zat yang dibutuhkan, maka zat tersebut semakin kuat. Ada dua cara utama dalam metode ini (Agape, 2019):

- 1) **Pengenceran dalam Tabung:** Zat yang diuji dilarutkan dalam cairan khusus dan dimasukkan ke dalam tabung. Kemudian, bakteri ditambahkan ke dalam tabung-tabung tersebut. Setelah beberapa waktu, kita lihat tabung mana yang tidak ada pertumbuhannya. Tabung dengan konsentrasi zat paling rendah yang tidak ada pertumbuhannya menunjukkan seberapa kuat zat tersebut.
- 2) **Penipisan Lempeng Agar:** Zat yang diuji dicampurkan dengan agar sebelum dituangkan ke dalam wadah khusus. Setelah agar mengeras,

bakteri ditambahkan. Lalu dicari konsentrasi zat terendah yang bisa menghentikan pertumbuhan bakteri.

C. Mikrodilusi

Metode ini digunakan untuk menentukan konsentrasi hambat minimum (KHM) dan konsentrasi bunuh minimum (KBM). Sumuran yang masih terdapat pertumbuhan bakteri (keruh) dan tabung mana yang sudah tidak ada pertumbuhannya berdasarkan kejernihannya. KHM dapat diidentifikasi pada konsentrasi yang menunjukkan tingkat kejernihan paling rendah. Sedangkan KBM, dapat ditentukan pada konsentrasi di mana tidak terdapat pertumbuhan koloni bakteri pada media agar. Metode dilusi ini memiliki keunggulan dalam evaluasi tingkat resistensi mikroba, namun memiliki keterbatasan berupa kompleksitas prosedur, kebutuhan akan berbagai peralatan dan bahan, serta tingkat ketelitian yang tinggi dalam preparasi berbagai konsentrasi antimikroba (Agape, 2019).

2.6 KLT-Bioautografi

KLT-Bioautografi adalah teknik lanjutan yang memungkinkan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi senyawa kimia tertentu dalam suatu fraksi yang bertanggung jawab atas aktivitas antibakteri yang diamati. Prinsip kerjanya adalah dengan menempatkan sampel pada media pertumbuhan mikroba. Jika senyawa tersebut memiliki aktivitas biologis, seperti kemampuan membunuh bakteri, maka senyawa tersebut akan berdifusi ke dalam media dan membentuk area di mana mikroba tidak dapat tumbuh. Ukuran area ini, yang disebut zona hambatan, dapat digunakan untuk mengukur kekuatan aktivitas biologis senyawa tersebut (Paputungan et al., 2019)