

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara tropis dengan kelembapan yang tinggi, yang memungkinkan tanaman dapat tumbuh dengan baik. Manfaat tanaman obat mudah didapat masyarakat, dapat ditanam di pekarangan rumah dan mudah dalam penanganannya, serta tanaman obat tradisional terbukti dapat menyembuhkan penyakit. Lebih dari 70% tumbuhan obat Asia tumbuh di Indonesia dan belum dimanfaatkan secara maksimal. *World Health Organization* (WHO) menyarankan penggunaan obat tradisional, seperti herbal untuk menjaga kesehatan, mencegah dan mengobati penyakit masyarakat, terutama penyakit degeneratif seperti kolesterol (Ziraluo, 2020).

Rempah-rempah adalah sumber daya hayati yang telah memainkan peran penting dalam kehidupan manusia sejak lama dan merupakan bagian tanaman aromatik yang dapat digunakan dalam aplikasi terbatas seperti sebagai bumbu, penguat cita rasa, pengharum dan pengawet makanan (Robi et al., 2019). Salah satu jenis rempah yang penggunaannya sangat terbatas adalah andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.), suku *Rutaceae*, yang merupakan bumbu masakan khas Batak. Bumbu ini hanya dikenal dalam masakan Batak Indonesia, oleh karena itu disebut "merica Batak" dan digunakan dalam masakan "arsik" dan "saksang", yang membutuhkan kulit luar buah andaliman sebagai bumbu utama, sangat diperlukan. Tanaman ini memiliki aroma jeruk yang lembut, namun "sedikit pedas" meski tidak sepedas cabai atau merica, membuat lidah terasa mati rasa. Lidah mati rasa ini disebabkan oleh adanya *hidroksialfa sanshool* di dalam bumbu ini (Raja & Hartana, 2017).

Menurut *World Health Organization* (WHO), terdapat sebanyak 25 juta kematian di seluruh dunia pada tahun 2011, sepertiganya disebabkan oleh penyakit infeksi, di negara berkembang seperti Indonesia angka kematian mencapai 39,5 juta, lebih dari 25% adalah disebabkan oleh penyakit infeksi. Infeksi adalah proses

dimana mikroorganisme penyebab penyakit (seperti bakteri, virus, dan jamur) memasuki jaringan tubuh dan menjadi meradang. Salah satu penyebab infeksi adalah bakteri (Shasti & Siregar, 2017).

Pengobatan infeksi bakteri terdiri dari pemberian antibiotik yang dapat menghentikan bakteri yang terinfeksi, antibiotik yang ditemukan saat ini bersifat resisten terhadap bakteri, salah satu antibiotik yang resisten terhadap bakteri adalah dari golongan beta laktam yaitu penisilin (Shasti & Siregar, 2017).

Meningkatnya resistensi bakteri terhadap antibiotik memberikan peluang yang sangat baik untuk memanfaatkan potensi alam sebagai alternatif pengganti antibiotik. Salah satu potensi alam yang dapat dijadikan alternatif pengganti antibiotik adalah tanaman andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) (Shasti & Siregar, 2017).

Buah andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) mengandung senyawa yang teridentifikasi adalah *alkaloid*, *terpenoid* dan *flavonoid*. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa *flavonoid* dan *terpenoid* memiliki aktivitas antibiotik terhadap bakteri gram positif dan gram negative (Shasti & Siregar, 2017).

Selain itu, andaliman diketahui mengandung *flavonoid*, *alkaloid terpene*, *alkaloid benzophenthridine*, *pyranoquinoline alkaloid*, *kwarterisoquinoline alkaloid*, *alkaloid aporphyrine*, dan beberapa jenis lignan. Rasa khas andaliman berasal dari minyak atsiri yang dikandungnya yang sebagian besar merupakan *terpenoid* yaitu *geranyl acetate* (35%), didominasi oleh aroma jeruk yaitu *limonene* dan *citronellol* (Katzner, 2012).

Senyawa metabolit yang terdapat pada tanaman andaliman hanya dapat diekstraksi dengan mengambil bagian tanaman. Menggunakan produk metabolisme langsung dari tanaman membutuhkan banyak biomassa. Banyaknya zat organik yang dihasilkan tanaman ditentukan oleh budidaya atau perbanyakan tanaman (Sepriani et al., 2020).

Menurut latar belakang diatas dilakukan *systematic review* mengenai aktivitas antibakteri buah andaliman (*Zanthoxylum sp.*) dengan memastikan ekstrak dan metode terbaik yang digunakan sebagai antibakteri.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa metode uji untuk menentukan aktivitas antibakteri ekstrak buah andaliman (*Zanthoxylum sp*)?
2. Apa jenis bakteri yang dihambat pertumbuhannya oleh ekstrak buah andaliman (*Zanthoxylum sp*)
3. Berapa nilai Konsentrasi Hambat Minimum dari ekstrak buah andaliman (*Zanthoxylum sp*)?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Mendeskripsikan gambaran umum terkait publikasi efek antibakteri ekstrak buah andaliman (*Zanthoxylum sp*).

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Menjelaskan metode uji yang digunakan untuk menentukan aktivitas antibakteri ekstrak buah andaliman (*Zanthoxylum sp*).
2. Menjelaskan jenis bakteri yang dihambat oleh ekstrak buah andaliman (*Zanthoxylum sp*).
3. Menjelaskan nilai konsentrasi hambat minimum dari ekstrak buah andaliman (*Zanthoxylum sp*).

1.4 Manfaat Penelitian

a. Bagi Universitas

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai landasan ilmiah dalam pengembangan antibakteri dari buah tanaman andaliman (*Zanthoxylum sp*).

b. Bagi Mahasiswa

Dapat membantu mahasiswa dalam memperoleh informasi dan melakukan *review* terkait penelitian efek antibakteri dari buah tanaman andaliman (*Zanthoxylum sp*).

c. Bagi Peneliti Selanjutnya

Menghasilkan data dasar yang dapat dijadikan sebagai latar belakang atau data pembanding terkait hasil penelitian efek antibakteri dari buah tanaman andaliman (*Zanthoxylum sp*).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Andaliman (*Zanthoxylum sp*)

Andaliman merupakan tanaman langka yang sulit tumbuh. Andaliman biasanya tumbuh di ladang atau hutan, tidak hanya di padang pasir, orang Tapanuli menyebutnya Juma Robean. Andaliman tidak dibudidayakan seperti cabai, lada dan sayuran lainnya. Andaliman hanya tumbuh. Andaliman tumbuh seperti pohon tanpa tanaman merambat. Batangnya banyak bercabang, daunnya kecil-kecil seperti bunga mawar. Batang, dahan, dari bawah ke atas penuh dengan duri tajam seperti duri bunga mawar, tetapi duri andaliman lebih besar dan kuat. Tinggi rata-rata pohon adalah 2-4 meter, jarang lebih dari 5 meter Gambar 2.1 Usia produktif kurang dari 7 tahun (Raja & Hartana, 2017).

Zanthoxylum sp merupakan pohon perdu bercabang rendah dengan trikoma atau berduri. Daun tersusun bergantian dan biasanya menyirip atau trifoliate. Bunganya biasanya tersusun dalam malai dan biasanya berfungsi sebagai bunga jantan atau betina dengan empat sepal dan empat kelopak, sisa sepal menempel pada buah. Bunga jantan memiliki empat benang sari di seberang sepal. Bunga betina memiliki hingga lima, kurang lebih karpel bebas dengan corak bebas atau kadang-kadang menyatu di dekat ujung. Buahnya biasanya terdiri dari empat folikel yang menyatu di pangkal, masing-masing berisi satu biji yang hampir sebesar folikel. Bidang atas daun warna hijau cerah, bidang bawah warna hijau muda, daun muda warna hijau kemerahan terutama di bagian bawah. Buah berbentuk kotak/kapsul, ukuran 2-3 mm, warna hijau hingga merah tua sesuai umur buah, terdapat 1 biji disetiap buahnya, cangkang bersifat padat/keras, terlihat hitam sedikit mengkilat (Khairunnisyah, 2018).

Di Tapanuli dan sekitarnya buah andaliman merupakan tumbuhan yang endemis terutama tumbuh di area terbuka pada ketinggian 1500 m dpl. Suhu 15°C-180°C dimanfaatkan sebagai rempah-rempah yang dimanfaatkan warga etnis tapanuli

sebagai bumbu masakan terutama dalam pengolahan makanan berupa ikan air tawar. Tumbuhan ini juga terdapat diberbagai negara tropis seperti kawasan Amerika latin dan juga di sebahagian negara di sekitaran pegunungan Himalaya seperti di Nepal. Senyawa dalam Andaliman seperti senyawa aktif trisiklik dalam berbagai penelitian telah dibuktikan memiliki aktifitas antimikroba yang berpotensi sebagai bahan obat (Khairunnisyah, 2018).

Andaliman tumbuh subur di lahan kering di dataran tinggi dan dataran rendah. Andaliman mmengandung senyawa aktif *polifenoatl*, *monoterpene*, *seskuiiterpen* serta *kuinon*. Andaliman juga memiliki kandungan minyak atsiri jenis *geraniol*, *linalool*, *cineol*, dan *citronella* yang menciptakan kombinasi aroma yang khas campuran lemon dengan mint (Amanda, 2017).

Menurut penelitian Sharma (1993) sistematika tanaman andaliman adalah sebagai berikut:

Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Anak kelas	: Dialypetalae
Bangsa	: Geraniales
Suku	: Rutaceae
Marga	: <i>Zanthoxylum</i>
Jenis	: <i>Zanthoxylum acanthopodium</i> DC. (Anggraeni, 2020).



A. Tanaman andaliman

B. Batang, duri dan buah

Gambar 2.1 Morfologi andaliman: (A) Tanaman andaliman, (B) Batang, duri, dan buah (Sumber: Katzer, 2012)

Ada beberapa tumbuhan dari genus *Zanthoxylum* yaitu: *Zanthoxylum americanum*, *Zanthoxylum bifoliolatum*, *Zanthoxylum hawaiiense*, *Zanthoxylum caribaeum*, *Zanthoxylum clava-herculis*, *Zanthoxylum hirsutum*, *Zanthoxylum coriaceum*, *Zanthoxylum dipetalum*, *Zanthoxylum fagara*, *Zanthoxylum flavum*, *Zanthoxylum glandulosum*, *Zanthoxylum kauaense*, *Zanthoxylum martinicense*, *Zanthoxylum monophyllum*, *Zanthoxylum oahuense*, *Zanthoxylum parvum*, *Zanthoxylum punctatum*, *Zanthoxylum simulans*, *Zanthoxylum spinifex*, dan *Zanthoxylum thomasianum* (USDA, 2022).

Zanthoxylum acanthopodium DC. ini memiliki nama lain atau sinonim. *Aubertia timbor* Buch. -Ham.ex Wall., *Fagara acanthopodium* (DC.) Hiroe, *Zanthoxylum acanthopodium* var. *Oligotrichum* Tan, *Zanthoxylum acanthopodium* var. *Villosum* C.C. Huang, *Zanthoxylum alatum* Wall., *Zanthoxylum timbor* Wall (POWO, 2022).

Buah andaliman digunakan sebagai bumbu masakan yang memberikan rasa pedas dan aroma yang khas. Pada etnis batak buah ini dimanfaatkan sebagai campuran bumbu untuk masakan etnik seperti ikan mas arsik, natinombur dan

saksang. Masakan yang menggunakan buah andaliman umumnya lebih tahan lama. Buah andaliman mengandung *flavonoid*, *alkaloid*, *terpenoid* dan *steroid* (Sitanggang et al., 2019).

Andaliman masuk dalam family *Rutaceae* (keluarga jeruk), andaliman ditemukan di Sumatera Utara serta di India, Cina dan Tibet. Bentuknya mirip merica, bulat kecil, warnanya hijau, tetapi agak kehitaman setelah kering. Bila menggigit buah andaliman, bisa mencium aroma minyak atsiri yang berbau jeruk dan memiliki rasa yang khas (pahit) yang merangsang keluarnya air liur (Katzner, 2012).

Andaliman lebih dikenal sebagai *Szechuan pepper* di Asia seperti China, Jepang, Korea dan India. Di Cina, andaliman dicampur dengan saus peta. Komunitas Muslim Sin Jiang menggiling andaliman dengan merica, ketumbar, dan garam, lalu memanggang semuanya dan menggunakannya sebagai saus untuk daging panggang. Di Jepang dan Korea, andaliman digunakan sebagai lauk atau bumbu pedas pada sup dan mie, sedangkan masyarakat di Gujarat, Goa, dan Maharashtra di India selalu menggunakan andaliman sebagai bumbu ikan karena disukai banyak orang. Tidak hanya menjual dengan harga Rp. 50.000/kg di pasar tradisional, tetapi menyerbu negeri Paman Sam, terutama di toko grosir Asia. Andaliman dijual seharga US\$14,99 per ons, setara dengan Rp. 140,990/ons (Wongso, 2012).

2.2 Kandungan Tanaman Andaliman

Zanthoxylum sp mengandung alkamides yang menyebabkan rasa menyengat terutama di lidah, diduga karena kandungan asam karboksilat tak jenuh ganda pada bagian kulit biji tetapi tidak terdapat pada bagian dalam biji, antara lain *amida*, *asam dodecatetraenoic*, *asam tetradecapentenoic* dengan *isobutylamine* (umum disebut α β dan γ *sanshool*) dan *2-hidroksi isobutylamine* (Katzner, 2012).

2.3 Manfaat Tanaman Andaliman

Zanthoxylum sp dengan senyawa dari aromatik dan juga minyak atsiri, merupakan tumbuhan penghasil zat berkhasiat untuk aromatic, penambah tenaga, kolagogum dan obat untuk gangguan saluran cerna terutama di daerah Tibet dan bagian lain Himalaya. Selanjutnya pada sebagian masyarakat Jepang bagian daun terutama yang masih muda dimanfaatkan untuk bahan bumbu penyedap masakan dan hiasan tradisonal (Katzer, 2012). Manfaat lain dari *Zanthoxylum sp* adalah bahan dengan aktivitas insektisida seperti serangga *Sitophilus zeamais*. Efeknya terhadap serangga diduga dapat menyebabkan menurunnya keinginan makan serangga sehingga menghambat pertumbuhannya (Khairunnisyah, 2018).

Pada penelitian Siswadi (2002), hasil uji aktivitas antimikroba menunjukkan bahwa ekstrak buah andaliman bersifat bakterisida terhadap *Bacillus stearothermophilus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio cholera* dan *Salmonella thypimurium*. Selain itu andaliman juga dapat menghambat *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* dan *S. typhosa*. Mengetahui efek antimikroba minyak atsiri andaliman dan kandungan aktifnya, maka penggunaan andaliman sebagai obat dapat ditingkatkan (Khairunnisyah, 2018).

2.4 Simplisia Buah Andaliman

Ciri-ciri buah andaliman diperiksa secara makroskopis untuk mendapatkan identitas jaringan yang sederhana. Pemeriksaan kasar dilakukan terhadap simplisia buah andaliman. Artinya, simplisia berwarna hitam dan memiliki bau yang khas (Anggraeni, 2020).



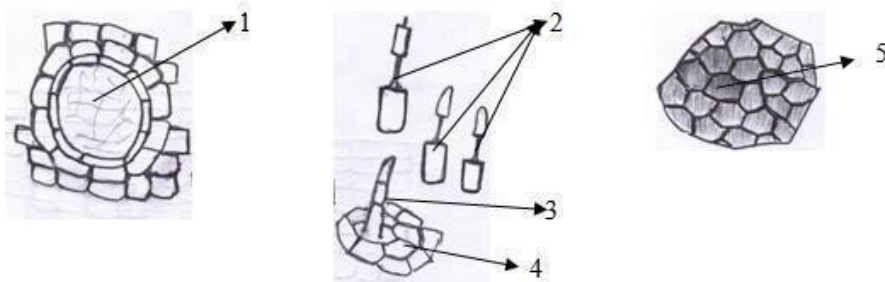
A. Buah andaliman



B. Serbuk buah andaliman

Gambar 2.2 Makroskopik buah andaliman: (A) Buah andaliman, (B) Serbuk buah andaliman (Anggraeni, 2020)

Pemeriksaan mikroskopis serbuk simplisia buah andaliman menunjukkan adanya parenkim pada epidermis, rambut normal, sel rambut hancur, kelenjar minyak, dan kulit biji berwarna merah jingga. Simplisia dan standarisasi ekstrak memenuhi persyaratan bahan obat dan menentukan nilai berbagai parameter produk. Banyak sifat unik yang memberikan kegunaan masing-masing, sehingga memenuhi persyaratan kesederhanaan sebagai bahan baku farmasi (Depkes, 2000).



Gambar 2.3 Mikroskopik buah andaliman (Sumber: (Anggraeni, 2020))

Keterangan gambar:

- = Kelenjar minyak
- = Sel Rambut yang kolaps
- = Rambut biasa
- = Epidermis
- = Jaringan parenkim (jingga kemerahan)

Hasil pemeriksaan karakteristik simplisia dari buah andaliman terlihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Hasil karakteristik simplisia buah andaliman (Sumber: (Anggraeni, 2020))

Uraian	Simplisia %
Kadar air	7,32
Kadar sari laut	13,62
Kadar sari larut etanol	29,54
Kadar abu total	4,80
Kadar abu tidak larut asam	0,26

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa hasil pengujian kadar air serbuk simplisia buah andaliman adalah 7,32%. Hasil pengukuran kadar air simplisia buah andaliman memenuhi persyaratan buku *Materia Medica Indonesia*. Artinya, 10% atau kurang (Depkes, 1995). Kadar air yang tinggi disertai dengan stabilitas obat, reproduksi bakteri dan jamur, serta bahan aktif yang terkandung di dalamnya dapat terdegradasi. Perubahan senyawa kimia efektif akibat aktivitas enzim tertentu di dalam sel dapat terus mengurai senyawa aktif setelah sel mati dan asal ekstrak masih mengandung air dalam jumlah tertentu (Depkes, 1986). Kadar air ditentukan dengan cara sederhana untuk mendapatkan batas kadar air minimum yang dapat diterima (Anggraeni, 2020).

2.5 Ekstraksi

2.5.1 Definisi Ekstraksi

Ekstraksi adalah proses menghilangkan senyawa kimia yang larut dari bubuk sederhana untuk memisahkannya dari yang tidak larut (Depkes, 2000). Ekstraksi adalah proses pemisahan bahan dari suatu campuran dengan menggunakan pelarut yang sesuai. Proses ekstraksi dihentikan ketika tercapai kesetimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dan konsentrasi dalam sel tanaman. Setelah ekstraksi, pelarut dipisahkan dari sampel dengan penyaringan.

Sulit untuk memisahkan ekstrak awal menggunakan metode pemisahan tunggal untuk memisahkan senyawa tunggal. Oleh karena itu, ekstrak asli harus dibagi menjadi fraksi-fraksi dengan polaritas dan ukuran molekul yang sama (Mukhriani, 2014).

2.5.2 Metode Ekstraksi

Ekstraksi dengan menggunakan pelarut (Depkes, 2000):

1. Cara Dingin

a. Maserasi

Maserasi atau perendaman adalah proses ekstraksi sederhana dengan pelarut, pengocokan atau pengadukan beberapa kali pada suhu ruangan. Secara teknis mengandung ekstrak yang prinsipnya adalah metode untuk mencapai konsentrasi yang seimbang. Perendaman kinetik berarti gerakan terus menerus (remaserasi). Remaserasi berarti mengulangi penambahan pelarut setelah filtrasi perendaman pertama dan seterusnya.

b. Perkolasi

Perkolasi adalah ekstraksi menggunakan pelarut baru hingga sempurna atau ekstraksi ekhaustif dilakukan pada kondisi umum dengan suhu ruangan. Perkolasi merupakan proses yang dimulai dari tahap pengembangan bahan, tahap maserasi antara, tahap perkolasi aktual (pengelupasan/penyimpanan ekstrak), secara terus menerus hingga diperoleh 1-5 kali ekstrak bahan (perkolat).

2. Cara Panas

a. Refluks

Refluks adalah ekstraksi dengan pelarut pada titik didihnya, untuk waktu tertentu, dan dengan jumlah pelarut yang terbatas relatif konstan adanya refluks.

b. Soxhletasi

Soxhletasi adalah ekstraksi dengan pelarut baru, biasanya dilakukan dengan alat khusus, sehingga ekstraksi berlangsung terus menerus dengan jumlah refluks pelarut yang relatif konstan.

c. Infus

Infus adalah ekstraksi pelarut berair dalam bak air, suhu diukur pada 96°C-98°C untuk jangka waktu tertentu (15-20 menit). Infus biasanya digunakan untuk menghilangkan atau mengekstrak bahan aktif yang larut dalam air dari bahan tanaman. Ekstrak ini menghasilkan bahan aktif yang tidak stabil dan mudah terkontaminasi oleh bakteri dan jamur, sehingga ekstrak infus tidak boleh disimpan lebih dari 2 jam (Rachmatiah et al., 2020).

d. Dekok

Dekok adalah infus pada waktu yang lebih lama (30 menit) dan suhu sampai titik didih air.

Destilasi uap adalah ekstraksi senyawa volatil (minyak atsiri) dari komponen (simplisia) dengan uap air sehingga benar-benar dikonsumsi dan campuran gas didasarkan pada peristiwa tekanan parsial senyawa volatil dalam fase uap. kondensasi dari fase uap campuran menjadi destilat air yang mengandung senyawa yang terpisah seluruhnya atau sebagian (Depkes, 2000).

Destilasi uap adalah metode di mana bahan (Simplisia) tidak benar-benar direndam dalam air panas, tetapi uap dilewatkan untuk mendestilasi komponen yang mudah menguap. Penyulingan uap dan air, mencampurkan seluruh atau sebagian bahan (simplisia) dengan air panas dan selanjutnya menyuling senyawa-senyawa yang mengandung volatile (Depkes, 2000).

2.5.3 Cairan Pelarut

Cairan pelarut sediaan ekstrak merupakan pelarut yang baik (optimal) bagi bahan aktif atau senyawa efektif, sehingga senyawa tersebut dapat dipisahkan dari bahan dan kandungan lainnya, dan ekstrak hanya mengandung sebagian besar konsentrasi senyawa yang diinginkan. Cairan pelarut yang dipilih melarutkan hampir semua metabolit sekunder yang dikandungnya. Faktor utama yang perlu dipertimbangkan saat memilih cairan penyaring adalah:

1. Selektivitas
2. Kemudahan bekerja dan proses dengan cairan tersebut
3. Ekonomis
4. Ramah lingkungan
5. Keamanan

Namun demikian, kebijakan dan peraturan pemerintah membatasi pelarut mana yang diperbolehkan dan mana yang dilarang. Pada dasarnya, cairan pelarut harus memenuhi spesifikasi farmasi atau dikenal dalam perdagangan sebagai kelompok spesifikasi "grade farmasi". Sampai saat ini, aturannya adalah bahwa air dan alkohol (etanol) dan campurannya adalah pelarut yang diperbolehkan (Depkes, 2000). Pelarut lain seperti metanol dan lainnya (turunan alkohol), heksana dan lainnya (hidrokarbon aliphatik), toluena dan lainnya (hidrokarbon aromatik), kloroform (dan gugusnya), aseton biasanya digunakan sebagai pelarut pada tahap pemisahan dan pemurnian (fraksinasi). Metanol khususnya, penggunaannya karena toksisitasnya yang akut dan kronis, tetapi jika tes menunjukkan sisa pelarut dalam ekstrak, yang menunjukkan negatif, maka metanol sebenarnya adalah pelarut yang lebih baik daripada etanol (Depkes, 2000).

2.5.4 Bakteri

Bakteri adalah organisme bersel tunggal yang relatif sederhana karena genomnya tidak dikelilingi oleh membran inti. Bakteri dalam berbagai bentuk dan ukuran. Kebanyakan bakteri berdiameter 0,2-2 μm dan panjang 2-8 μm . Secara umum, sel bakteri terdiri dari beberapa bentuk: basil, bulat dan spiral. Dinding sel bakteri mengandung kompleks karbohidrat dan protein yang disebut peptidoglikan. Bakteri biasanya diproduksi dengan membagi menjadi dua sel yang sama. Ini disebut pembelahan biner. Nutrisi bakteri umumnya menggunakan bahan kimia organik yang berasal dari organisme hidup atau mati. Beberapa bakteri dapat membuat makanannya sendiri melalui proses biosintetik, sementara yang lain mendapatkan makanannya dari bahan organik (Radji, 2011).

Bakteri dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bakteri Gram-positif dan bakteri Gram-negatif. Perbedaan antara kelompok bakteri ini dapat ditentukan

dengan pewarnaan bakteri. Bakteri diwarnai dengan pewarna violet dan iodine, dicuci dengan alkohol kemudian diwarnai dengan pewarna merah (Hamidah et al., 2019).

Struktur dinding sel menentukan respon pewarnaan. Bakteri gram positif yang dinding selnya sebagian besar terdiri dari peptidoglikan, yang menempati warna ungu. Bakteri gram negatif memiliki lebih sedikit peptidoglikan, yang terletak di gel periplasmik antara membran plasma dan membran luar. Pewarna ungu yang digunakan dalam pewarnaan Gram mudah dicuci dengan alkohol dari bakteri Gramnegatif, tetapi sel tetap mempertahankan warna merahnya (Hamidah et al., 2019).

2.5.5 Bakteri Gram Positif

1. *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)

Bakteri *Staphylococcus* termasuk dalam *Micrococcaceae*. Bakteri ini berbentuk bulat. Koloni mikroskopis biasanya berbentuk anggur. Dalam bahasa Yunani, *Staphyle* berarti anggur dan *coccus* berarti bulat. Salah satu spesies menghasilkan pigmen kuning keemasan, sehingga disebut *aureus* (berarti emas, seperti matahari). Bakteri ini dapat tumbuh dengan atau tanpa oksigen, yang merupakan bakteri anaerob.

Klasifikasi bakteri *Staphylococcus aureus*:

Kingdom : Bacteria

Phylum : Firmicutes

Class : Schizomyces

Ordo : Eubacteriales

Familia : Micrococcaceae

Genus : *Staphylococcus*

Spesies : *Staphylococcus aureus*

Bakteri *Staphylococcus aureus* banyak ditemukan pada makanan kaya protein seperti sosis, telur, dll. *Staphylococcus aureus* adalah bakteri berbentuk

kokus, gram positif dengan diameter 0,7-0,9 μm . Penyakit akibat peradangan pada atau di bawah kulit dan menyebabkan abses bernanah. Bakteri dalam abses dapat masuk ke dalam darah dan menyebabkan sepsis atau abses di tempat lain. Infeksi *Staphylococcus aureus* saat memilih antibiotik yang tepat: *cefadroxil* dan *vancomycin* (Rachmatiah et al., 2020).

2. *Bacillus cereus*

Klasifikasi Bakteri *Bacillus cereus*:

Kingdom : Bacteria

Phylum : Firmicute

Class : Bacilli

Ordo : Bacillales

Familia : Bacillaceae

Genus : *Bacillus*

Spesies : *Bacillus cereus*

Bacillus cereus adalah kelompok bakteri gram positif (bakteri yang mempertahankan warna ungu kristal selama proses pewarnaan gram), aerob fakultatif (dapat menggunakan oksigen tetapi juga dapat menghasilkan energi secara anaerobik), dan dapat membentuk spora (endospora). Spora *Bacillus cereus* mentolerir panas kering lebih baik daripada lembab dan dapat bertahan lama dalam produk kering. Selnya berbentuk batang besar (*bacillus*) dan sporanya tidak membengkak (Novitasari, 2014).

2.5.6 Bakteri Gram Negatif

1. *Escherichia coli* (*E. coli*)

Escherichia coli merupakan bakteri yang berasal dari *Enterobacteriaceae*. Bakteri *Escherichia coli* merupakan spesies dengan habitat alami dalam saluran pencernaan manusia maupun hewan.

Klasifikasi bakteri *Escherichia coli*:

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Proteobacteria
Class	: Gamma Proteobacteria
Ordo	: Enterobakteriales
Familia	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>Escherichia coli</i>

Bakteri *Escherichia coli* merupakan bakteri gram-negatif dari jasad indikator dalam substrat air dan bahan makanan. Bakteri ini berpotensi patogen karena pada keadaan tertentu dapat menyebabkan diare (Aulia, 2018).

2. *Salmonella typhi*

Salmonella adalah bakteri Gram-negatif yang tidak memiliki spora, simpai, fimbria, dan mempunyai flagella peritrik, kecuali *Salmonella pullorum* dan *Salmonella gallinarum*. Ukuran bakteri ini kira-kira 1-3,5 μm x 0,5-0,8 μm . Ukuran koloni pada media benih rata-rata 2-4 mm.

Klasifikasi bakteri *Salmonella typhi*:

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Proteobacteria
Subclass	: Gamma Proteobacteria
Class	: Enterobakteriales
Familia	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Salmonella</i>
Spesies	: <i>Salmonella typhi</i>

Infeksi *Salmonella* terjadi pada saluran pencernaan dan terkadang menyebar melalui aliran darah ke seluruh organ tubuh. Infeksi *Salmonella* pada manusia bervariasi, dapat berupa infeksi yang sembuh sendiri (gastroenteritis) tetapi dapat juga menjadi kasus yang serius jika terjadi penyebaran sistemik (demam enterik). Pada kondisi demikian, diperlukan penanganan yang tepat dengan antibiotik pilihan dengan memilih antibiotik yang tepat yaitu *cefixime* dan *ciprofloxacin* (Rachmatiah et al., 2020).

2.6 Antibakteri

Agen antibakteri adalah zat yang membunuh bakteri atau mencegah pertumbuhan atau reproduksinya. Agen antibakteri yang ideal harus memiliki toksisitas selektif, yang berarti obat tersebut berbahaya bagi parasit tetapi tidak membahayakan inangnya. Agen antibakteri dibagi menjadi dua kelompok, yaitu agen antibakteri yang dapat mencegah pertumbuhan bakteri (bakteriostatik) dan agen antibakteri yang dapat membunuh bakteri (bakteriosid) (Carroll et al., 2017). Obat antibakteri dibagi menjadi dua kelompok, spektrum sempit dan spektrum luas, berdasarkan cara mencegah atau membunuhnya. Agen antibakteri spektrum sempit adalah agen antibakteri yang hanya bekerja melawan bakteri tertentu, misalnya hanya bakteri gram positif atau gram negatif. Agen antibakteri spektrum luas dapat mempengaruhi bakteri gram negatif dan gram positif (Carroll et al., 2017).

Tabel 2. 2 Kategori Antibakteri dan Diameter Zona Hambat menurut Davis & Stout

Daya Hambat Bakteri	Kategori
≥ 20 mm	Sangat Kuat
10-20 mm	Kuat
5-10 mm	Sedang
0-5 mm	Lemah

Berdasarkan mekanisme kerjanya, antibakteri dapat dibagi menjadi empat cara, yaitu:

1. Penghambatan Terhadap Sintesis Dinding Sel

Bakteri memiliki lapisan luar yang kaku, dinding sel, yang sepenuhnya mengelilingi sitoplasma membran sel. Dinding selnya mengandung polimer mukopeptida kompleks (peptidoglikan), yang secara kimiawi mengandung polisakarida dan rantai polipeptida yang melimpah, polisakarida ini mengandung gula amino N-asetilglukosamin dan asam asetimurat (hanya terdapat pada bakteri) (Carroll et al., 2017). Dinding ini mempertahankan bentuk mikroorganisme dan melindungi sel bakteri terhadap perbedaan tekanan osmotik yang besar baik di dalam maupun di luar sel. Dinding sel bakteri terdiri dari peptidoglikan dan komponen lainnya. Sel aktif secara konstan mensintesis peptidoglikan baru dan menyimpannya di lokasi yang sesuai di membran sel. Agen antibakteri bereaksi dengan satu atau lebih enzim yang diperlukan dalam proses sintetik, menyebabkan pembentukan dinding sel yang lemah dan kerusakan osmotik (Carroll et al., 2017).

2. Penghambatan Terhadap Fungsi Membran Sel

Sitoplasma semua sel hidup dibatasi oleh membran sitoplasma, yang bertindak sebagai penghalang permeabel selektif dengan fungsi transpor aktif dan dengan demikian mengontrol komposisi internal sel. Ketika fungsi integritas membran sitoplasma terganggu, hal itu menyebabkan pelepasan makromolekul dan ion dari sel, menyebabkan kerusakan atau kematian sel (Carroll et al., 2017). Sitoplasma semua sel hidup dibatasi oleh membran sitoplasma, yang bertindak sebagai penghalang permeabilitas selektif dan mengatur komposisi internal sel. Agen antibakteri (polimiksin) berikatan dengan membran fosfolipid, menyebabkan protein dan basa nitrogen terurai, sehingga membran bakteri pecah, menyebabkan kematian bakteri (Carroll et al., 2017).

3. Penghambatan Terhadap Sintesis Protein (Penghambatan Translasi dan Transkripsi Material Genetik).

Asam deoksiribonukleat (DNA), asam ribonukleat (RNA) dan protein memainkan peran yang sangat penting dalam proses kehidupan normal sel. Artinya, setiap gangguan dalam pembentukan atau fungsi zat ini dapat menyebabkan kerusakan total pada sel. Sebagian besar obat menghambat translasi atau sintesis protein dengan bereaksi dengan mRNA ribosom. Mekanisme kerjanya antara lain mencegah penyambungan RNA ke titik tertentu di ribosom selama pemanjangan rantai peptida. Ribosom eukariotik berbeda dari prokariota dalam ukuran dan struktur, yang memungkinkan mereka bertindak selektif terhadap bakteri. Bakteri memiliki 70S ribosom, sedangkan sel mamalia memiliki 80S ribosom. Setiap jenis ribosom memiliki subunit, komposisi kimia, dan sifat fungsional yang berbeda. Perbedaan ini dapat menjelaskan mengapa agen antibakteri dapat menghambat sintesis protein pada ribosom bakteri tanpa mempengaruhi ribosom mamalia (Carroll et al., 2017).

4. Penghambatan Terhadap Sintesis Asam Nukelat.

Pembentukan DNA bakteri (asam deoksiribonukleat) dan RNA (asam ribonukleat) merupakan perjalanan panjang dan membutuhkan enzim dalam beberapa proses. Pembentukan DNA (*deoxyribonucleic acid*) dan RNA (*ribonucleic acid*) sangat penting dan mempengaruhi metabolisme protein. Agen antibakteri menghambat sintesis asam nukleat dengan menghambat sintesis nukleotida, mencegah replikasi, atau menghentikan transkripsi. Obat ini mengikat sangat kuat pada enzim RNA polimerase yang bergantung pada DNA bakteri dan dengan demikian mencegah sintesis RNA (asam ribonukleat) bakteri. Resistensi terhadap obat ini disebabkan oleh perubahan RNA polimerase akibat mutasi kromosom yang sangat umum (Carroll et al., 2017).