

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Defenisi Daun Bangun-Bangun (*Plectranthus amboinicus*)

Bangun-bangun atau Torbangun (*Plectranthus amboinicus*) merupakan tanaman semak yang termasuk ke dalam famili *Lamiaceae*. Tumbuhan ini memiliki batang tebal dengan tekstur sedikit keras serta ruas-ruas yang dapat membentuk akar ketika bersentuhan dengan tanah. Bangun-bangun banyak dibudidayakan di wilayah dengan ketinggian sekitar 1.000 mdpl. Dengan warna daun hijau cerah, ditutupi bulu-bulu halus, memiliki aroma yang khas, serta memberikan rasa pahit dan pedas. Ukuran daun dapat mencapai panjang sekitar 6,5 cm dan lebar hingga 6 cm. Pada kedua permukaan daun terdapat trikoma, sedangkan permukaan atasnya dilindungi oleh lapisan kutikula. Trikoma pada daun berbentuk uniseriat, tersusun atas dua hingga tiga sel, dengan ujung yang meruncing dan pangkal yang melebar. Selain karakteristik tersebut, (*Plectranthus amboinicus*) menghasilkan bunga berwarna ungu berukuran sekitar 3–4 mm yang berkembang secara bergerombol pada tangkai pendek dengan susunan lurus. Bijinya memiliki bentuk bulat pipih, warna cokelat muda, serta memiliki permukaan yang halus. Akan tetapi, karena pembentukan biji pada tanaman ini relatif jarang terjadi, perbanyakannya lebih umum dilakukan secara vegetatif melalui stek batang (Damanik dkk., 2024).

Bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) merupakan spesies yang termasuk dalam famili *Lamiaceae* dan sebelumnya dikenal dengan nama *Coleus amboinicus*. Di Indonesia, tanaman ini lebih dikenal oleh masyarakat sebagai daun jinten. Selain *Coleus amboinicus*, *Plectranthus amboinicus* juga memiliki sinonim, yaitu *Coleus aromaticus* dan *Coleus carnosa*. Oleh karena itu, berbagai artikel ilmiah masih menggunakan nama ilmiah yang berbeda, terutama *Plectranthus amboinicus*, *Coleus amboinicus*, dan *Coleus aromaticus*, sehingga penyebutan nama ilmiah tanaman ini dapat bervariasi antar jurnal ilmiah (Silalahi., 2018).

Bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) adalah tumbuhan asli Indonesia yang telah lama dipergunakan oleh penduduk. Pada masyarakat Batak, tanaman ini dikenal sebagai daun bangun-bangun dan termasuk tanaman etnobotani yang mempunyai peranan penting dalam kehidupan sehari-hari. Masyarakat Sumatra Utara secara turun-temurun memanfaatkannya sebagai bahan pangan dalam bentuk

sayuran, terutama bagi ibu pada masa setelah melahirkan. Selain memiliki nilai pemanfaatan yang tinggi, tanaman ini juga mudah dibudidayakan karena dapat diperbanyak secara vegetatif melalui stek batang yang mampu membentuk akar dengan cepat setelah ditanam di media tanah.

Bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) merupakan tanaman herbal yang telah digunakan secara turun-temurun untuk obat tradisional dalam mengatasi berbagai penyakit. Dalam pemanfaatannya sebagai tanaman obat, bagian yang paling umum digunakan adalah daunnya. Menurut Sastroamidjojo (1962), Mardisiswodjo, dan Radjamangunsudarso, daun bangun-bangun berkhasiat dalam mempercepat penyembuhan luka, menurunkan demam, memperkuat dinding lambung, melancarkan sistem pencernaan, meredakan sesak napas, mengatasi gangguan empedu, serta melancarkan (ASI). Penelitian yang dilaporkan oleh (Silitonga., 2021) membuktikan yakni pemberian ekstrak air daun bangun-bangun dengan kekuatan 20–80 g/kg berat badan pada induk tikus yang sedang menyusui mampu meningkatkan produksi ASI, terutama pada puncak laktasi hari ke-14. Peningkatan produksi ASI tersebut juga disertai dengan meningkatnya kadar hormon tiroksin dalam darah. Hormon tiroksin diketahui berperan dalam mempercepat proses metabolisme jaringan, termasuk pada jaringan kelenjar payudara (Silitonga., 2021). Selain dimanfaatkan di Indonesia, masyarakat lokal India juga menggunakan bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) sebagai obat tradisional untuk menangani malaria, hepatopati, batu ginjal dan batu vesika, batuk, asma kronis, cegukan, bronkitis, sebagai antelmintik, serta untuk mengatasi kolik dan kejang.

Bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) adalah tanaman yang umum ditemukan di pekarangan karena digunakan sebagai bahan obat atau masakan. Tanaman sukulen harum yang dikenal sebagai Bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) memiliki batang dan daun yang tebal serta berdaging. Daunnya punya aroma khas, dan batangnya memiliki beberapa cabang. Daun dan batang Bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) menghasilkan wangi yang bisa digunakan sebagai komponen utama untuk memberi rasa pada daging dan ikan, menyamarkan aroma, dan sangat potensial untuk penggunaan kuliner (Silalahi., 2018).



Gambar 1 Daun Bangun-bangun

B. Persebaran Daun Bangun-Bangun (*Plectranthus amboinicus*)

Daun bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) memiliki sebaran alami yang sangat luas diberbagai iklim tropis dan sub tropis diseluruh dunia. Tumbuhan ini berasal dari kawasan Asia Tenggara dan sebenarnya mencakup Indonesia, Malaysia, Thailand, Vietnam, Laos, Kepulauan Filipina, serta Myanmar. Daun bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) tumbuh dengan baik di kawasan tropis yang memiliki curah hujan memadai. Selain itu, tumbuhan bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) juga bisa ditemukan secara alami di India, termasuk wilayah Himalaya, serta di Sri Lanka. Tumbuhan bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) juga berkembang dengan baik di beberapa negara kepulauan Pasifik seperti Fiji, Samoa, Vanuatu, dan Kaledonia Baru (Pane., 2023).

Daun bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) berkembang optimal di area tropis dan subtropis, termasuk di Sumatera Utara yang beriklim tropis dengan ketersediaan air hujan yang mencukupi. Daun bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) memiliki sebaran yang luas di Sumatera Utara. Tumbuhan (*Plectranthus amboinicus*) dapat dijumpai diberbagai kawasan di Sumatera Utara, termasuk di daerah Karo, Tapanuli, Medan, Danau Toba, Deli Serdang dan sekitar area tersebut (Pane., 2023).

C. Taksonomi Daun Bangun-Bangun (*Plectranthus amboinicus*)

Bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) tergolong famili *Lamiaceae* dan termasuk tumbuhan semak dengan karakter pertumbuhan menjalar. Tanaman ini berasal dari bioma yang beriklim tropis kering. Nama ilmiah (*Plectranthus*

amboinicus) pertama kali dipublikasikan pada tahun 1825 oleh botanis Joao de., Loureiro (Arumugam dkk., 2016).

Kingdom : Plantae
 Subkingdom : Tracheobionta
 Superdivisi : Spermatophyta
 Divisi : Streptophyta
 Kelas : Equisetopsida
 Subkelas : Magnoliidae
 Ordo : Lamiales
 Famili : Lamiaceae
 Genus : *Plectranthus*
 Spesies : *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng.

D. Kandungan Kimia Daun Bangun-Bangun (*Plectranthus amboinicus*)

Tanaman mengandung berbagai metabolit sekunder yang memiliki potensi pemanfaatan dalam bidang pangan dan kesehatan, termasuk sebagai bahan obat. Sementara tanaman yang dipakai sebagai obat mengandung zat bioaktif yang membantu penyembuhan, tanaman yang digunakan sebagai sayuran kaya akan serat dan vitamin. Bahan utama yang memberikan rasa pada bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) adalah karvakrol dan timol (Silalahi, 2018).

Daun bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) berisi tanin, alkaloid, saponin, dan flavonoid. Flavonoid bekerja dengan menggabungkan diri dengan protein ekstraseluler dan terlarut untuk membentuk molekul kompleks, sehingga bisa merusak membran sel bakteri dan membebaskan zat-zat di dalam sel. Sebagai agen antibakteri, flavonoid mencegah pertumbuhan bakteri dengan menghentikan tahap proliferasi dan eksudasi dari proses inflamasi, serta menghalangi pembebasan asam arakidonat dan produksi enzim lisosom dari sel neutrofil dan sel endotel. Menurut penelitian lain, flavonoid juga menghambat kerja membran sel dengan mempengaruhi permeabilitasnya dan mencegah pengikatan enzim seperti fosfolipase dan ATPase (Setya & Yansen, 2024).

Alkaloid adalah metabolit sekunder yang aktif secara fisiologis dan sering ditemukan di alam. Kemampuan alkaloid untuk menghambat pembentukan peptidoglikan di dinding sel bakteri terkait dengan aksi antibakterinya. Akibatnya, bakteri mati, integritas selnya terganggu, dan struktur dinding selnya menjadi rusak (Putradi dkk., 2025).

Karena kemampuannya untuk mengendapkan protein, tanin termasuk salah satu senyawa metabolit sekunder yang memiliki efek antibakteri. Tanin memiliki sifat antibakteri dengan beberapa cara, termasuk interaksi terhadap membran sel bakteri, penghambatan aktivitas enzim, dan gangguan terhadap aktivitas materi genetik (Amilia dkk., 2021). Selain itu, tanin bisa mengganggu perkembangan sel bakteri dengan menghambat kerja enzim reverse transcriptase dan DNA topoisomerase. Selain itu, zat ini juga menempel pada polipeptida yang membentuk dinding sel bakteri, sehingga produksi dinding sel tidak maksimal. Karena dinding sel yang melemah akibat kondisi ini, bakteri menjadi lebih rentan terhadap lisis akibat tekanan osmotik, yang pada akhirnya menyebabkan kematian sel.

Dengan mengganggu kestabilan membran sel bakteri, saponin menunjukkan aktivitas antibakteri dengan memungkinkan berbagai elemen dalam sel, seperti protein dan enzim yang bocor keluar. Dengan mengurangi tegangan permukaan dinding sel bakteri dan mengganggu permeabilitas membran, zat aktif yang mirip seperti deterjen pada permukaan saponin memungkinkan berfungsi sebagai agen antibakteri (Putradi dkk., 2025). Sitoplasma kemudian akan bocor dari sel karena saponin menyebar melalui membran sitoplasma dan mengganggu stabilitas membran, yang akhirnya menyebabkan kematian sel (Sudarmi dkk., 2017).

E. Simplisia

Simplisia adalah bahan alami yang telah dikeringkan dan digunakan sebagai bahan baku untuk obat-obatan di industri farmasi tanpa diproses lebih lanjut. Menurut (Departemen Kesehatan RI, 2008), kecuali ditentukan lain, proses pengeringan simplisia dilakukan pada suhu yang tidak melebihi 60°C. Berdasarkan asal bahannya, simplisia dikelompokkan dalam tiga jenis, yaitu berbasis tumbuhan, berbasis hewan, dan mineral (pelikan) dikategorikan berdasarkan dari mana bahan alami itu berasal.

1. **Simplisia Nabati**

Merupakan bahan baku herbal yang bisa berupa eksudat tumbuhan, tumbuhan utuh, atau bagian tanaman. Eksudat tumbuhan termasuk bahan tambahan dari tanaman yang diperoleh melalui proses pemisahan dari bagian tanaman menggunakan metode yang telah ditentukan atau dilepaskan dari sel dengan cara tertentu.

2. **Simplisia Hewani**

Merupakan organisme lengkap atau senyawa berguna yang dihasilkan, yang masih dalam bentuk campuran kimia.

3. **Simplisia Pelikan atau Mineral**

Merupakan bahan yang berasal dari mineral dengan komposisi berupa campuran kimia alami, yang tidak mengalami proses pengolahan lanjutan atau hanya melalui tahapan pengolahan dasar.

F. Ekstraksi

Farmakope Indonesia Edisi VI mendeskripsikan ekstrak sebagai persiapan yang sangat terkonsentrasi yang dibuat dengan mengekstrak zat aktif dari sumber tanaman menggunakan pelarut yang sesuai. Pelarut tersebut sepenuhnya atau hampir sepenuhnya diuapkan ketika proses ekstraksi selesai, dan sisa material kemudian diperlakukan untuk memenuhi kriteria kualitas yang telah ditentukan.

Material sampel harus melalui prosedur ekstraksi terlebih dahulu untuk menghasilkan ekstrak. Prosedur ini menggunakan pelarut yang sesuai bersamaan dengan teknik ekstraksi tertentu untuk memisahkan satu atau lebih metabolit sekunder yang ditemukan dalam jaringan tanaman atau hewan (Pratiwi, 2021).

1. **Ekstraksi Cara Dingin**

Teknik ekstraksi dingin merupakan metode ekstraksi yang tidak menggunakan pemanasan selama prosesnya, sehingga senyawa aktif tetap terjaga dari kemungkinan kerusakan akibat suhu tinggi. Beberapa metode ekstraksi yang termasuk dalam teknik ini, yaitu:

A. Maserasi

Maserasi adalah teknik sederhana yang paling umum diterapkan. Metode ini cocok untuk penggunaan skala kecil maupun besar. Pada metode maserasi, serbuk simplisia direndam menggunakan cairan penyari yang sesuai dalam tempat kedap udara pada suhu ruang. Proses ekstraksi terus berlanjut sampai jumlah bahan kimia aktif yang tersisa di dalam sel tanaman dan jumlah yang larut dalam pelarut menjadi sama. Tahap filtrasi memisahkan ekstrak dari sisa tanaman setelah keseimbangan itu tercapai. Ada beberapa kekurangan dari teknik ini, termasuk durasi ekstraksi yang relatif lama, kebutuhan pelarut lebih banyak, dan kemungkinan beberapa bahan kimia aktif hilang dalam prosesnya. Selain itu, beberapa bahan kimia aktif mungkin tidak sepenuhnya terambil saat ekstraksi pada suhu ruangan. Namun, keuntungan dari perendaman (*maceration*) adalah bisa menstabilkan molekul yang sensitif terhadap panas, sehingga mengurangi kemungkinan kerusakan akibat suhu tinggi (Mukhtarini, 2014).

B. Perkolasi

Metode perkolasi merupakan teknik ekstraksi yang menggunakan aliran pelarut secara kontinu melalui simplisia di dalam perkolator. Selama proses berlangsung, serbuk simplisia dibasahi secara bertahap, kemudian pelarut ditambahkan dari bagian atas alat hingga menetes perlahan melewati sampel dan keluar melalui kran di bagian bawah. Penggunaan pelarut yang selalu baru menjadi salah satu keunggulan metode ini karena dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi. Meskipun demikian, perkolasi memiliki beberapa keterbatasan, seperti distribusi pelarut yang kurang merata apabila serbuk simplisia tidak homogen, kebutuhan pelarut yang relatif besar, serta waktu ekstraksi yang lebih lama (Mukhtarini, 2014).

2. Ekstraksi Cara Panas

Metode ekstraksi panas menggunakan pemanasan untuk mempermudah proses ekstraksi. Dibandingkan dengan prosedur tanpa pemanasan, suhu yang lebih tinggi bisa mempercepat pelepasan dan pelarutan senyawa aktif ke dalam pelarut, sehingga waktu ekstraksi menjadi lebih cepat. Beberapa teknik untuk ekstraksi panas meliputi:

A. Soxhletasi

Dengan teknik ini, serbuk sampel ditempatkan di dalam tabung ekstraksi di antara labu dan kondensor setelah dimasukkan ke dalam selongsong selulosa atau kertas saring. Agar uap pelarut bisa mengembun dan terus melarutkan senyawa dalam sampel, pelarut yang sesuai ditambahkan ke labu dan dipanaskan hingga suhu sedikit di bawah titik didihnya. Karena proses perkolasi berlangsung terus-menerus dan pelarut terus diisi ulang lewat kondensasi, cara ini punya beberapa keuntungan, termasuk pemakaian pelarut yang lebih efisien dan waktu ekstraksi yang relatif lebih singkat. Tapi, senyawa yang sensitif terhadap panas bisa rusak atau terganggu kalau terkena suhu tinggi saat ekstraksi (Mukhtarini, 2014).

B. Reflux

Salah satu cara untuk mensintesis senyawa anorganik adalah melalui refluks, yang diterapkan ketika sintesis memerlukan pelarut dengan sifat volatil. Dalam keadaan ini, jika pemanasan diterapkan secara normal, pelarut cenderung akan menguap sebelum reaksi dapat selesai dengan sempurna. Prinsip utama metode refluks adalah penggunaan pelarut yang bersifat volatil dan dipanaskan hingga menguap pada suhu tertentu. Uap pelarut tersebut kemudian dialirkan menuju kondensor untuk mengalami pendinginan sehingga mengembun dan kembali ke dalam labu reaksi. Dengan mekanisme ini, jumlah pelarut tetap terjaga selama proses reaksi berlangsung. Selain itu, gas nitrogen (N_2) dialirkan ke dalam sistem untuk mencegah masuknya uap air maupun oksigen, terutama pada sintesis senyawa organologam yang memiliki sifat sangat reaktif (Agustina, 2019).

C. Destilasi Uap

Prosedur destilasi uap mirip dan umumnya dipakai untuk mengekstrak minyak esensial, yang merupakan kombinasi berbagai senyawa yang bisa menguap. Uap yang dihasilkan selama proses pemanasan dialirkan menuju kondensor untuk dikondensasikan menjadi destilat sebelum ditampung pada wadah penampung. Namun, penerapan metode ini dapat menyebabkan senyawa yang sensitif terhadap panas (termolabil) mengalami degradasi sehingga berpotensi menurunkan kualitas ekstrak (Mukhtarini, 2014).

D. Infusa

Untuk membuat infus, bahan mentah diekstraksi menggunakan air dengan suhu sekitar 90°C selama 15 menit. Metode ini meminimalkan risiko kerusakan senyawa dengan mengekstrak senyawa bermanfaat, seperti minyak esensial, dari bahan mentah bertekstur lembut seperti daun dan bunga tanpa terkena panas berlebihan.

3. Metode Maserasi Ultrasonik

Metode Ekstraksi dengan Bantuan *Ultrasonik Assiated Extraction (UAE)* merupakan suatu teknik ekstraksi yang bertujuan menghasilkan gelembung secara alami atau kavitasi dalam media cair pada temperatur yang lebih rendah dibandingkan titik didih dengan memanfaatkan prinsip kavitasi akustik. Pendekatan ini mampu merobohkan dinding sel sehingga pelarut dapat memasuki bahan (IKhsan dkk., 2025).

Metode *Ultrasonik Assiated Extraction (UAE)* adalah sebuah pendekatan alternatif yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi proses ekstraksi. *Ultrasonik Assiated Extraction (UAE)* adalah teknik yang melibatkan penggunaan gelombang ultrasonik pada material yang sedang diproses. Metode ini memanfaatkan fenomena kavitasi yang dihasilkan oleh pengaruh ultrasonik pada medium (padat, cair, atau gas) karena gelombang ultrasonik terdiri dari rangkaian siklus kompresi dan relaksasi yang menyebabkan perpindahan dan pelepasan molekul dari posisi awalnya untuk mengambil senyawa yang ada dalam sel (Kartika dkk., 2024). Cara ekstraksi *Ultrasonik Assiated Extraction (UAE)* menggunakan dukungan gelombang ultrasonik melalui rentang frekuensi antara 20 kHz hingga 2000 kHz untuk menciptakan kejutan gelombang serta berbagai fenomena fisika yang mengarah pada kavitasi. Kavitasi merupakan proses yang meliputi pembentukan, pertumbuhan, hingga pecahnya gelembung mikro. Ketika gelembung mikro tersebut mengalami implosi, akan dihasilkan suhu dan tekanan yang sangat tinggi. Apabila peristiwa ini terjadi di permukaan bahan padat, energi yang dihasilkan berupa gelombang kejut dan mikrojet mampu merusak dinding sel sehingga komponen atau senyawa yang terdapat di dalam sel dapat dilepaskan (Florensia, 2024).

4. Kelebihan dan Kekurangan Metode Maserasi Ultrasonik

Metode ultrasonik ini layak diterapkan karena memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan teknik ekstraksi tradisional. Kandungan bahan kimia yang aktif cenderung lebih tinggi, ekstrak yang dihasilkan lebih konsentrat, dan durasi pengolahan dapat dipercepat dengan menggunakan *Ultrasonik Assiated Extraction (UAE)*. Keuntungan-keuntungan ini sangat signifikan untuk mengekstraksi komponen bioaktif, seperti senyawa yang bersifat antioksidan (IKhsan dkk., 2025). Metode *Ultrasonik Assiated Extraction (UAE)* merupakan pendekatan yang cukup baru, berkelanjutan, dan efisien secara biaya sebagai pengganti metode konvensional di bidang pangan, lingkungan, farmasi, dan kimia analitis dengan penekanan pada tujuan analisis. *Ultrasonik Assiated Extraction (UAE)* memperoleh manfaat dari proses kimia dalam berbagai cara. Keuntungan utamanya meliputi: pengurangan waktu untuk ekstraksi dan pemrosesan, peningkatan jumlah hasil ekstraksi serta rendemen yang lebih baik, selain mendukung penggunaan pelarut yang lebih ramah lingkungan, metode ini juga mampu meningkatkan proses ekstraksi senyawa yang rentan mengalami kerusakan sehingga hasil ekstraksi tetap optimal meskipun dilakukan dalam keadaan yang kurang mendukung. Di samping itu, *Ultrasonik Assiated Extraction (UAE)* tergolong mudah digunakan, serbaguna, dan lebih terjangkau dibandingkan dengan metode terbaru lainnya. Hal ini disebabkan oleh cara kerja perangkat ini yang memanfaatkan gelombang ultrasonik, yang dapat membantu memecah dinding sel. Dalam fase cair yang suhunya masih di bawah titik didih, teknik ini menginduksi pembentukan gelembung mikro secara spontan sehingga permeabilitas dinding sel menjadi lebih tinggi (Susiloningrum & Sari, 2023).

Dalam studi yang dilakukan oleh (Carreira dkk., 2021) disebutkan bahwa tipe atau matriks yang rumit memerlukan lebih banyak energi, sehingga diperlukan penyesuaian pada daya dan parameter lainnya untuk mencapai hasil yang optimal. Penggunaan sampel untuk diekstraksi dengan *Ultrasonik Assiated Extraction (UAE)* memerlukan penyesuaian parameter yang tepat dan efisien sesuai dengan karakteristik sampel yang digunakan (Irahmah dkk., 2024).

G. Bakteri

Bakteri merupakan kategori makhluk hidup mikroskopis yang umumnya terdiri dari satu sel, dan tidak memiliki inti sel yang terbungkus membran. Bakteri sering didefinisikan sebagai mikroorganisme yang tidak memiliki klorofil tapi memiliki dinding sel. Meskipun ukurannya kecil, bakteri sangat penting untuk banyak aspek kehidupan. Beberapa bakteri bermanfaat, seperti yang ditemukan dalam industri makanan, sementara yang lain berbahaya karena bisa merusak makanan dan menyebabkan infeksi serta penyakit lainnya pada manusia (Rahmawati dkk., 2025).

1. Morfologi *Escherichia coli*

Bakteri berbentuk batang *Escherichia coli* adalah anggota kelompok Gram-negatif dan tidak menghasilkan spora. Meskipun beberapa strain bakteri ini diketahui tidak motil, ia bisa bergerak dengan flagela peritrichous (Edition dkk., 2013).

2. Patogenesis *Escherichia coli*

Banyak kasus penyakit infeksi terhadap manusia dan hewan telah dikaitkan dengan strain tertentu dari *Escherichia coli*. Infeksi saluran kemih, bakteremia, diare, diare berdarah, meningitis pada neonatus, pneumonia, sepsis, dan mastitis pada sapi perah termasuk di antaranya. *Escherichia coli* umumnya hidup di dalam saluran pencernaan manusia dan hewan. Keberadaan *Escherichia coli* sebagai bakteri patogen penyebab diare pertama kali dilaporkan pada tahun 1935 (Octifani dkk., 2024). *Escherichia coli* bisa ditemukan di berbagai tempat, termasuk air, tanah, udara, debu, peralatan produksi, dan bahkan di antara pekerja, selain di makhluk hidup. Selain itu, *Escherichia coli* sering digunakan sebagai bakteri indikator untuk menilai resistensi antibiotik (Safitri dkk., 2024).

3. Karakteristik Pada Media Pertumbuhan *Escherichia coli*

Escherichia coli bisa tumbuh di lingkungan aerobik maupun anaerobik karena merupakan bakteri anaerob fakultatif. *Escherichia coli* bisa berkembang pada temperatur antara 10 sampai 40°C, dengan derajat keasaman 7,2 dan temperatur optimum 37,5°C. Bakteri ini bisa tumbuh di agar *Mac Conkey* dengan membentuk koloni yang bisa tidak berwarna atau merah, dengan diameter 2-3 mm. Selain itu, *Escherichia coli* bisa tumbuh di media dasar, termasuk KIA, IMVIC,

SIM, urea, dan media gula sebagai media uji biokimia, media *Bouillon* sebagai media nutrisi, media *Mac Conkey* sebagai media diferensial, dan media *Eosin Methylen Blue (EMB)* sebagai media selektif (Octifani dkk., 2024).

4. Taksonomi *Escherichia coli*

Taksonomi *Escherichia coli* sebagai berikut (Yu dkk., 2021):

Kingdom	: Bacteria
Divisi	: Proteobacteria
Kelas	: Gammaproteobacteria
Ordo	: Enterobacterales
Familia	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>Escherichia coli</i>



Gambar 2 *Escherichia coli*

H. Antibakteri

Antimikroba adalah senyawa yang mampu menghambat proliferasi mikroorganisme dan berpotensi membunuh mikroorganisme berbahaya. Antimikroba dibagi dalam dua klasifikasi, yaitu zat penghambat bakteri yang mengurangi perkembangbiakan bakteri dan bakteriolis yang berfungsi mematikan mikroorganisme (Magani dkk., 2020).

Menurut (Seko dkk., 2021), antibakteri adalah zat antimikroba yang bisa mencegah atau menghilangkan pertumbuhan bakteri. Beberapa cara kerjanya antara lain merusak dinding sel, mengganggu permeabilitas membran, mengubah protein dan asam nukleat, serta menghambat aktivitas enzim, sintesis protein, dan sintesis asam nukleat dalam sel bakteri. Penggunaan tanaman herbal sebagai sumber

antibakteri alami semakin meningkat karena meningkatnya resistensi bakteri. Tanaman herbal mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berpotensi dikembangkan menjadi obat alternatif karena diketahui bisa menghambat pertumbuhan bakteri.

Potensi antibakteri dapat diukur melalui zona yang dihambat. Klasifikasi zona hambat terbagi ke dalam 4 kategori (Nuryanti dkk., 2021).

Tabel 2. 1 Klasifikasi Zona Hambat Antibakteri

Diameter Zona Hambat	Klasifikasi Hambatan
5 mm	Lemah
5-10 mm	Sedang
10-20 mm	Kuat
>20 mm	Sangat kuat

Uji Sensitivitas Antibakteri

Teknik difusi dan dilusi biasanya digunakan untuk menguji aktivitas antibiotik. Sementara pendekatan dilusi bermaksud dalam menentukan Concentration Inhibitori Minimum (MIC) dan Concentration Bakterisidal Minimum (MBC), metode difusi menilai seberapa sensitif atau responsif bakteri terhadap antibiotik (Nurul, 2023).

A. Metode Difusi

Evaluasi sensitivitas mikroorganisme terhadap suatu agen antimikroba dapat dilakukan menggunakan metode difusi cakram. Pengujian diawali dengan menginokulasikan bakteri pada media agar, kemudian cakram kertas yang telah mengandung senyawa uji ditempatkan di atas permukaan media tersebut. Apabila terbentuk daerah bening di sekeliling cakram, kondisi tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan mikroorganisme berhasil dihambat oleh senyawa yang diuji. Selain memiliki prosedur yang praktis, metode ini juga tidak membutuhkan peralatan khusus serta memberikan kemudahan dalam menentukan jenis senyawa antimikroba yang akan dievaluasi. Jenis-jenis metode difusi yaitu:

1. Difusi Cakram (*Disk Diffusion*)

Pendekatan paling populer untuk mengamati bagaimana bakteri bereaksi terhadap antibiotik tertentu adalah metode difusi cakram, yang sering dikenal sebagai metode *Kirby-Bauer*. Tujuan utama dari pengujian yaitu mengenal batas kemampuan bakteri anaerob atau aerob fakultatif rentan atau resisten terhadap

berbagai antibiotik. Metode difusi cakram digunakan untuk menilai sensitivitas bakteri agar dapat menentukan seberapa baik suatu antibiotik menghambat atau membunuh pertumbuhan bakteri. *Muller Hinton Agar* (MHA) adalah media yang digunakan untuk pengujian ini karena memiliki komposisi dan pH yang tepat, tidak bereaksi dengan sulfonamida, dan menjamin hasil yang konsisten.

Metode ini menggunakan disk kertas untuk menampung antibiotik. Setelah itu, disk kertas diletakkan di atas permukaan agar yang sudah terinfeksi akibat bakteri uji, dan lalu diinkubasi untuk durasi tertentu dan pada suhu tertentu sesuai dengan keadaan ideal bagi bakteri uji. Biasanya, efeknya bisa terlihat setelah diinkubasi selama 18-24 jam pada temperatur 37°C. Apakah ada zona bening pada sekitar disk kertas, yang menandakan zona penghambatan pertumbuhan bakteri, menjadi dasar pengamatan. Untuk menghasilkan penilaian kualitatif sensitif (S), *intermediate* (I), atau resisten (R), diameter zona penghambatan di sekitar setiap disk diukur dan dibandingkan dengan tabel standar CLSI. Kekurangan utamanya, adalah metode ini membutuhkan waktu untuk mendapatkan hasil dan tidak bisa menghitung Konsentrasi Inhibitori Minimum (MIC) (Octifani dkk., 2024).

2. Difusi Sumuran (*Well Diffusion*)

Prinsip kerja dari metode difusi sumur adalah bahwa zat antibiotik menyebar ke dalam medium agar tempat mikroorganisme uji telah dikembangkan. Lubang-lubang tersebut diisi dengan antibiotik yang diuji setelah jumlah dan lokasi lubang diubah sesuai tujuan pengujian. Pertumbuhan bakteri dipantau setelah inkubasi untuk memeriksa zona penghambatan di sekitar lubang (Octifani dkk., 2024).

B. Metode Dilusi

Metode pengenceran digunakan untuk mengidentifikasi konsentrasi minimum agen antimikroba yang masih efektif dalam menghambat perkembangan bakteri. Nilai tersebut menunjukkan batas terendah kemampuan antimikroba dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Ada dua jenis teknik dilusi: dilusi cair dan dilusi padat. Prosedur ini pada dasarnya melibatkan pengenceran sampel yang akan dianalisis ke dalam berbagai konsentrasi.

1. Dilusi cair

Dilusi cair merupakan serangkaian tabung reaksi yang berisi bakteri uji dan larutan antibiotik dengan konsentrasi berbeda digunakan dalam prosedur pengujian pengenceran cair. Setelah serangkaian pengenceran dalam media cair, bahan yang akan diuji aktivitas antibakterinya diinokulasi dengan bakteri uji dan diinkubasi pada temperatur dan durasi yang sesuai untuk jenis bakteri uji tersebut. Konsentrasi hambat minimum (MIC) digunakan untuk mengukur aksi zat tersebut. Konsentrasi hambat minimum (MIC) dari satu antibiotik yaitu konsentrasi terendah di mana bakteri masih bisa dibunuh atau pertumbuhannya terhambat. Ide dasar metode pengenceran cair adalah mengencerkan antibakteri hingga mencapai banyak tingkat konsentrasi. Setiap konsentrasi antibakteri kemudian ditambahkan ke suspensi bakteri dalam media.

Salah satu keuntungan dari metode pengenceran cair adalah bisa menghasilkan area permukaan yang luas, sehingga meningkatkan jumlah kontak antara bakteri dan bahan uji antibiotik. Metode ini juga lebih terjangkau dan mudah dilakukan. Namun, kelemahan dari pengenceran seri ini adalah konsentrasi bahan uji yang dipakai dalam percobaan terbatas pada level tertentu; jadi, ada kemungkinan efek antibakteri sebenarnya baru terlihat pada konsentrasi yang lebih rendah (Octifani dkk., 2024).

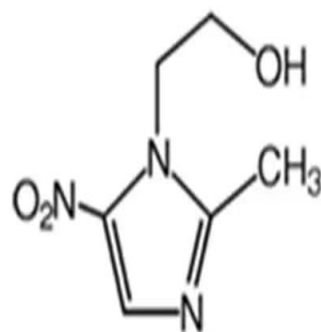
2. Dilusi padat

Metode dilusi padat melibatkan pencampuran berbagai jumlah larutan antibakteri dengan media agar, yang kemudian disuntik dengan bakteri uji dan dibiarkan untuk inkubasi. Aktivitas antibakteri dinilai setelah inkubasi dengan menghitung jumlah koloni yang terbentuk atau, jika memungkinkan, dengan mengamati apakah pertumbuhan bakteri terjadi. Pendekatan ini bisa digunakan untuk menghitung Konsentrasi Minimum Inhibitori (MIC) serta Konsentrasi Minimum Bakterisidal (MBC). Konsentrasi antibakteri terendah yang tetap menghasilkan media jernih, menunjukkan penghambatan pertumbuhan bakteri, digunakan untuk menghitung konsentrasi minimum inhibitor (MIC).

Salah satu dari banyak keuntungan metode pengenceran agar adalah dapat menguji beberapa isolat bakteri sekaligus di satu piring agar. Metode ini juga bisa digunakan secara semi-otomatis dengan memakai alat replikasi inokulum, yaitu

perangkat yang bisa memindahkan 32 sampai 60 inokulum bakteri berbeda ke satu piring agar. Tetapi, jika proses pengujiannya dilakukan tanpa otomatisasi, pendekatan ini membutuhkan lebih banyak tenaga kerja, bantuan teknis, dan biaya yang lebih tinggi (Octifani dkk., 2024).

I. Metronidazol



Gambar 3 Struktur Metronidazol

Rumus Kimia	: C ₆ H ₉ N ₃ O ₃
Rumus Molekul	: 2-Metil-5-nitroimidazol-1-etanol
Berat Molekul	: 171,15
Pemerian	: Senyawa ini tersedia dalam bentuk kristal atau serbuk kristal berwarna putih hingga kuning pucat tanpa bau khas. Stabilitasnya tetap terjaga pada kondisi udara, meskipun paparan cahaya dapat menyebabkan perubahan warna menjadi lebih gelap.
Kelarutan	: Kelarutan senyawa ini tergolong rendah di dalam air dan etanol. Sebaliknya, senyawa tersebut mudah larut dalam asam hidroklorida (1:2), sedangkan dalam eter maupun kloroform hanya sedikit larut.

Wadah Penyimpanan : Bahan ini harus disimpan pada suhu yang tepat, dalam wadah yang rapat, dan dijauhkan dari cahaya agar tetap stabil.

Metronidazol adalah agen antimikroba yang sering dipakai sebagai obat untuk mengatasi infeksi bakteri dan protozoa. Metronidazol merupakan senyawa sintetis dari golongan antibiotik nitroimidazol yang menghambat proses sintesis DNA dalam bakteri, yang pada akhirnya menyebabkan kematian sel-sel tersebut. Ini menunjukkan bahwa metronidazol efektif untuk menangani mikroorganisme anaerob. Selain itu, metronidazol memiliki waktu paruh sekitar 8 jam.

Metronidazol masuk ke sel target melalui difusi pasif. Setelah berada di dalam sel, ferredoksin atau flavodoksin mereduksi gugus nitro pada metronidazol untuk menghasilkan radikal nitro. Potensial redoks dari komponen transportasi elektron yang mereduksi gugus nitro dan menghasilkan metabolit berbahaya terkait dengan aktivitas metronidazol yang signifikan terhadap mikroba anaerob dan mikroaerofilik. Metabolit ini kemudian bisa berinteraksi dengan DNA dengan membentuk adducts dengan guanosin, seperti asetamil dan N-(2-hidroksietil) asam oksamat.

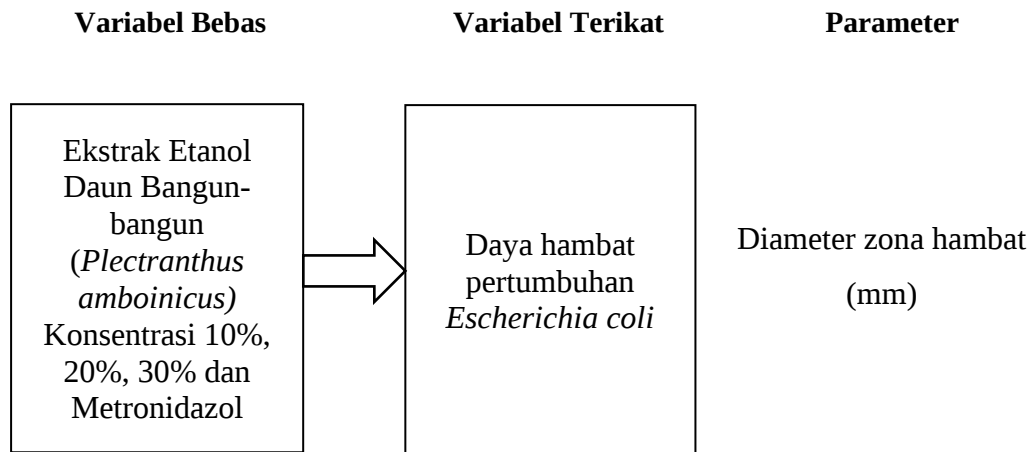
Mikroorganisme anaerob dan mikroaerofilik, seperti berbagai bakteri anaerob, dikenal dapat menyebabkan infeksi yang bisa diobati secara efektif dengan metronidazol. Jadwal yang paling umum adalah 500 mg setiap delapan jam, meskipun dosis bisa diubah tergantung jenis dan tingkat keparahan infeksi. Metronidazol umumnya ditoleransi dengan baik, meskipun efek samping ringan sampai sedang seperti mual, diare, dan sakit perut bisa terjadi (Cangara & Thahir., 2024)

Jenis infeksi spesifik yang telah disetujui untuk metronidazol adalah intraabdominal, sepsis bakteri, sistem saraf pusat (SSP), ginekologi, endokarditis, saluran pernapasan bawah, tulang dan sendi, serta kulit dan struktur kulit. Spesies anaerob yang disetujui adalah *Bacteroides*, *Clostridium*, *Fusobac*, *Peptococcus*, *Peptostreptococcus*, dan *Eubacterium* (Stranz & Bradley, n.d.).

Metronidazol diresepkan untuk mengobati sejumlah infeksi, seperti amebiasis usus dan hati, giardiasis yang disebabkan oleh *Giardia lamblia*, vaginosis

yang disebabkan oleh *Trichomonas vaginalis*, dan infeksi bakteri anaerob setelah operasi (Finegold., 2025).

J. Kerangka Konsep



K. Defenisi Operasional

1. Konsentrasi 10% ekstrak etanol daun bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) adalah 10 gram ekstrak dalam 100 mL pelarut.
2. Konsentrasi 20% ekstrak etanol daun bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) adalah 20 gram ekstrak dalam 100 mL pelarut.
3. Konsentrasi 30% ekstrak etanol daun bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) adalah 30 gram ekstrak dalam 100 mL pelarut.
4. Daya hambat pertumbuhan *Escherichia coli* adalah kemampuan Ekstrak Etanol daun Bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) dalam menghambat pertumbuhan *Escherichia coli*, ditandai dengan daerah bening.
5. Diameter zona hambat, atau lebar daerah jernih yang muncul di wilayah cakram kertas, digunakan untuk menguji aktivitas antibakteri ekstrak etanol dari daun bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) terhadap pertumbuhan *Escherichia coli*.

L. Hipotesa

Ekstrak etanol daun Bangun-bangun (*Plectranthus amboinicus*) memiliki efek antibakteri terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*.