

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tumbuhan Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L.)

1. Deskripsi Daun Sirih Hijau



Gambar 1 *Piper betle* L.

<https://images.search.yahoo.com>

Sirih merupakan spesies paling dikenal dari genus *Piper*, yang sudah lama dikenal dan dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia. Secara tradisional, daun sirih digunakan untuk beragam tujuan pengobatan, antara lain sebagai antiinflamasi, antiseptik, antibakteri, hemostatik, pereda batuk, karminatif, perangsang sekresi saliva, antelmintik (pencegah cacingan), antipruritus (penghilang gatal) serta bersifat menenangkan. Tumbuhan sirih tumbuh menjalar atau merambat pada tembok, tiang, maupun batang pohon lain. Morfologi tumbuhan sirih hijau mencakup semak berkayu di bagian dasar yang bisa tumbuh hingga sekitar 15 meter. Batang daun sirih hijau (*Piper betle* L.) berbentuk silindris, beruas, dan memiliki permukaan bergaris. Batang muda berwarna hijau, sedangkan batang yang telah tua berubah menjadi coklat muda. Daunnya merupakan daun tunggal yang tersusun berseling, dengan bentuk bulat telur hingga lonjong serta pangkal daun berbentuk jantung atau membulat. Ukuran daun berkisar antara 5 – 18 cm dengan lebar 2,5 – 10,75 cm. Perbungaan daun sirih berbentuk bunga majemuk tipe bulir yang dilengkapi daun pelindung berukuran sekitar 1 mm. Bunganya dapat bersifat jantan,

betina, maupun hermafrodit. Buah sirih termasuk buah batu yang tersusun dalam bentuk bulir, berwarna hijau keabu-abuan, dan berukuran sekitar 1 – 1,5 cm. Bijinya berbentuk agak bulat (Rahmawati, Mujahid and Widiyastuti, 2020).

2. Klasifikasi Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L.)

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Siregar *et al.*, 2021), daun sirih hijau (*Piper betle* L.) merupakan salah satu jenis tumbuhan berbunga yang termasuk dalam kelompok dikotil. Dalam sistem klasifikasi tumbuhan, sirih hijau dikategorikan sebagai berikut:

Regnum : Plantae
 Divisio : Spermatophyta
 Subdivisio : Angiospermae
 Classis : Dicotyledoneae
 Ordo : Piperales
 Familia : Piperaceae
 Genus : Piper
 Spesies : *Piper betle* L.

3. Morfologi Tumbuhan Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L.)

Berdasarkan kajian botani (Siregar *et al.*, 2021) menunjukkan ciri-ciri morfologi tumbuhan sirih sebagai berikut :

a. Akar

Akar sirih berupa akar tunggang berbentuk bulat memanjang dan berwarna coklat kekuningan. Akar tumbuh mengikuti batang yang merambat serta menghasilkan banyak akar adventif pada setiap ruas yang membantu tanaman melekat pada penyangga.

b. Batang

Batang sirih hijau berbentuk silindris, beruas, dan berwarna hijau kecokelatan. Batang bersifat merambat serta memiliki sulur atau akar lekat yang tumbuh pada setiap ruas dengan jarak sekitar 5–10 cm, sehingga tanaman dapat melekat pada media penyangga selama pertumbuhannya.

c. Daun

Daun sirih hijau merupakan daun tunggal yang tersusun berseling dengan bentuk menyerupai jantung. Permukaan daun tampak licin dan mengilap,

ujung daun meruncing, serta memiliki tangkai daun. Daun mengeluarkan aroma khas apabila diremas. Ukuran daun berkisar antara 6 – 17,5 cm dengan lebar 3,5 – 10 cm.

d. Bunga

Bunga sirih hijau termasuk bunga majemuk berbentuk bulir yang umumnya menggantung. Bunga dilindungi oleh daun pelindung berbentuk lonjong dengan diameter sekitar 1 mm. Bunga jantan bertangkai sepanjang 1,5 – 3 cm dengan benang sari yang pendek, sedangkan bunga betina bertangkai 2,5 – 6 cm dan memiliki kepala putik yang lebih Panjang.

e. Buah

Buah sirih hijau berukuran kecil dengan bentuk menyerupai telur. Buah muda berwarna hijau, kemudian berubah menjadi hijau keabu-abuan hingga kehitaman saat matang. Permukaan buah halus dan berdaging, sedangkan di dalamnya terdapat biji berbentuk bulat pipih yang berwarna hitam. Setiap buah umumnya mengandung sekitar 10–20 biji.

4. Kandungan & Aktivitas Antibakteri Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L.)

Daun sirih hijau (*Piper betle* L.) diketahui memiliki berbagai aktivitas farmakologis, antara lain sebagai antiseptik, antioksidan, serta antijamur. Selain itu, daun sirih hijau juga dimanfaatkan untuk membantu menghentikan perdarahan, mempercepat proses penyembuhan luka pada kulit, dan menjaga kesehatan saluran pencernaan. Berbagai manfaat tersebut berkaitan dengan kandungan senyawa bioaktif yang terdapat di dalamnya, seperti minyak atsiri, senyawa fenil, propanoid dan tanin, yang memiliki aktivitas antimikroba dan antijamur. Kandungan senyawa tersebut mampu menghambat pertumbuhan berbagai bakteri, di antaranya *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., dan *Staphylococcus* ((Sadih *et al.*, 2022).

Tumbuhan sirih merupakan familia dari Piperaceae, sirih telah lama dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia, baik sebagai pengobatan tradisional, pelengkap upacara adat, maupun untuk dikonsumsi dalam kehidupan sehari-hari. Daun sirih mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder, seperti flavonoid, steroid/terpenoid, tanin, dan minyak atsiri. Kandungan minyak atsiri pada daun sirih berkisar antara 0,8–1,8% dan terdiri atas berbagai senyawa, di antaranya eugenol, hidroksikavikol, kavikol, gula, dan vitamin C. Senyawa-senyawa tersebut

memberikan aroma khas pada daun sirih serta berkontribusi terhadap aktivitas biologisnya, terutama sebagai antiseptik dan antibakteri. Kandungan minyak atsiri daun sirih (*Piper betle* L.) mengandung senyawa utama, seperti eugenol dan kavikol, yang memberikan aroma khas berupa bau tajam dan sedikit pedas. Selain berperan dalam pembentukan aroma, kedua senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas antimikroba yang berkontribusi terhadap sifat antiseptik dan antibakteri daun sirih. Mekanisme kerja senyawa antibakteri tersebut meliputi kerusakan dinding dan membran sel bakteri, gangguan terhadap sintesis protein, serta penghambatan berbagai proses metabolisme yang penting bagi kelangsungan hidup bakteri. Sejumlah penelitian juga menunjukkan ekstrak daun sirih mampu menghambat pertumbuhan berbagai patogen, termasuk *E.coli* dan *S.aureus*. Selain aktivitas antibakterinya, daun sirih juga mempunyai potensi sebagai antioksidan karena mengandung senyawa yang mampu menangkal radikal bebas. Aktivitas antioksidan tersebut berperan dalam menghambat proses oksidasi, sehingga dapat membantu melindungi sel-sel tubuh maupun menjaga stabilitas bahan pangan dan sediaan farmasi dari kerusakan akibat reaksi oksidatif (Putra & Pranatha, 2024).

B. Bakteri *Staphylococcus epidermidis*

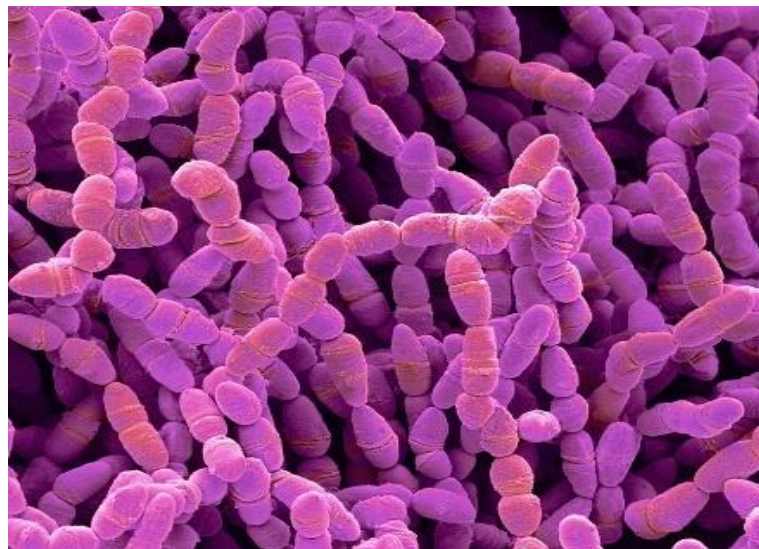
1. Pengertian Bakteri

Bakteri adalah organisme uniseluler yang tidak memiliki inti sel bermembran maupun struktur internal lainnya, sehingga digolongkan ke dalam kelompok prokariota. Kelompok prokariota mampu beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan dan menempati hampir seluruh habitat yang ada. Umumnya, bakteri memiliki keragaman metabolisme yang sangat luas. Banyak jenis bakteri yang dapat memanfaatkan berbagai senyawa organik, bahkan beberapa di antaranya mampu menggunakan senyawa anorganik sebagai sumber energi. Meskipun terdapat bakteri yang dapat menyebabkan penyakit pada berbagai makhluk hidup, namun sebagian bakteri tidak berbahaya dan justru berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Aktivitas metabolisme bakteri berperan besar dalam mendukung kehidupan organisme lain di Bumi. Beberapa jenis bakteri juga hidup secara simbiosis dengan tumbuhan dan hewan tak bertulang belakang, membantu proses penting seperti fiksasi nitrogen dan penguraian selulosa. Tanpa keberadaan prokariota, tanah akan kehilangan kesuburannya dan proses pembusukan bahan

organik akan berlangsung jauh lebih lambat. Penelitian mengenai hubungan antarkelompok bakteri terus memberikan pemahaman baru tentang asal-usul kehidupan dan mekanisme perkembangan makhluk hidup (Hutabarat *et al.*, 2024).

Sebagian besar bakteri merupakan makhluk uniseluler dengan pola bentuk bulat, silindris, atau spiral, tetapi ada jenis tertentu yang membentuk struktur filamen. Bakteri tidak memiliki nukleus dan sebagian besar tidak dilengkapi dengan struktur intraselular yang terbungkus membran. Banyak bakteri mendapatkan nutrisi dari lingkungan mereka, sementara beberapa di antaranya dapat memproduksi makanannya sendiri melalui fotosintesis atau metode sintesis lainnya. Beberapa bakteri bersifat statis, sedangkan yang lain dilengkapi dengan alat untuk bergerak. Bakteri dapat ditemukan secara luas di berbagai habitat, seperti habitat perairan, dan juga dapat ditemukan dalam proses pembusukan (Qurrota A'yun *et al.*, 2022).

2. Morfologi *Staphylococcus epidermidis*



Gambar 2 *Staphylococcus epidermidis*

<https://images.fineartamerica.com/images-medium-large-5/staphylococcus-epidermidis-steve-gschmeissnerscience-photo-library.jpg>

Staphylococcus epidermidis adalah bakteri Gram positif berbentuk kokus yang termasuk sebagai flora normal pada permukaan kulit manusia. Memiliki diameter sekitar 0,5 – 1,5 μm serta umumnya tersusun dalam kelompok-kelompok kecil. Dalam keadaan normal, *S. epidermidis* hidup secara komensal tanpa menimbulkan gangguan atau penyakit pada inangnya. Namun, pada kondisi tertentu, seperti

ketika sistem kekebalan tubuh menurun atau terdapat penggunaan alat medis invasif, bakteri ini dapat berkembang menjadi patogen oportunistik. Infeksi yang *S.epidermidis* sering dikaitkan dengan penggunaan alat kesehatan, seperti kateter, prostesis, dan implan, karena bakteri ini mampu berkolonisasi pada permukaan alat tersebut dan memicu terjadinya infeksi (Siciliano *et al.*, 2023).

Bakteri *S.epidermidis* sering menjadi penyebab infeksi yang berhubungan dengan alat medis, karena punya kemampuan membentuk biofilm di permukaan alat. Biofilm yang terbentuk akan membuat bakteri jadi lebih kuat dan susah dibasmi, karena disebabkan *S. epidermidis* biasanya bersifat menahun (kronis) dan mengakibatkan alat medis gagal berfungsi, bahkan harus diangkat lewat operasi. Secara klasifikasi, *S. epidermidis* termasuk ke dalam genus *Staphylococcus* yang sering ditemukan pada kasus klinis. *S. epidermidis* bersifat nonmotil (tidak bisa bergerak), tidak membentuk spora, koagulase negatif dan bisa hidup di lingkungan fakultatif anaerob (bisa hidup dengan atau tanpa oksigen). Sebagian besar koloninya memang hidup normal di kulit manusia, tapi dalam keadaan tertentu bisa menyebabkan infeksi (Lestari & Asri, 2021).

Staphylococcus epidermidis merupakan bagian dari kelompok staphylococci koagulase negatif yang paling sering diisolasi. Secara diagnostik, kelompok staphylococci dibedakan dari *Staphylococcus aureus* karena tidak mampu memproduksi koagulase. Keberadaan *Staphylococcus epidermidis* sangat melimpah pada kulit dan selaput lendir manusia serta merupakan komponen penting dari flora normal di kulit. Meskipun demikian, bakteri *S. epidermidis* dapat berperan sebagai penyebab infeksi oportunistik dan menunjukkan ketahanan terhadap berbagai antibiotik. Banyak penelitian telah menunjukkan bahwa bahan herbal mengandung senyawa aktif yang berpotensi untuk menghambat bahkan membasmi beberapa jenis bakteri yang resisten terhadap antibiotik. Oleh sebab itu, inovasi pemanfaatan bahan herbal sebagai alternatif pengobatan untuk bakteri *Staphylococcus epidermidis* sangat diperlukan (Melati Widyasari *et al.*, 2021).

3. Infeksi oleh *Staphylococcus epidermidis*

Penyakit infeksi masih menjadi salah satu permasalahan kesehatan utama di berbagai negara berkembang, termasuk Indonesia. Penyebab infeksi diantaranya adalah bakteri Gram positif *Staphylococcus epidermidis*, yang dalam kondisi

tertentu bertindak sebagai patogen oportunistik dan menimbulkan berbagai jenis infeksi. Bakteri *S.epidermidis* dikenal mampu membentuk biofilm yang berkontribusi pada terjadinya infeksi di rumah sakit atau yang dikenal dengan infeksi terkait layanan kesehatan (HAI). Menurut data, lebih dari 1,4 jutakasus infeksi nosokomial terjadi di seluruh dunia, yang berarti sekitar 9% dari pasien yang dirawat di rumah sakit mengalami infeksi tersebut. Pada tahun 2013, Berdasarkan survei Kementerian Kesehatan Republik Indonesia sepuluh Rumah Sakit Umum Pendidikan, angka kejadian infeksi nosokomial dilaporkan berkisar antara 6% hingga 16%, dengan rata-rata sebesar 9,8%. Selain itu, hasil survei pada sepuluh rumah sakit di DKI Jakarta menunjukkan bahwa sekitar 9,8% pasien rawat inap terinfeksi selama menjalani perawatan di rumah sakit (Hasnita, Yusuf and Rantisari, 2021).

Infeksi yang disebabkan oleh *Staphylococcus epidermidis* umumnya dialami oleh individu dengan sistem imun tubuh lemah, seperti pasien yang baru saja menjalani operasi, mereka yang menderita penyakit kronis atau yang sedang dirawat di rumah sakit. *Staphylococcus epidermidis* merupakan salah satu bakteri yang secara alami menjadi bagian dari flora normal kulit manusia. Namun, bakteri ini dapat berkembang menjadi patogen oportunistik apabila berhasil memasuki jaringan tubuh atau aliran darah, sehingga berpotensi menyebabkan berbagai jenis infeksi, terutama pada individu dengan sistem imun yang lemah melalui luka, sayatan operasi, atau alat medis seperti kateter, implan, dan infus yang tidak steril. Infeksi terkait rumah sakit yang disebabkan oleh *S. epidermidis* mencakup infeksi aliran darah, endokarditis, infeksi pada luka, serta infeksi di saluran kemih dan sistem pernapasan. Lingkungan rumah sakit yang padat dan penggunaan alat medis secara berulang dapat meningkatkan risiko penyebaran infeksi. *S. epidermidis* juga memiliki kemampuan untuk membentuk biofilm di permukaan alat medis, sehingga membuatnya lebih kebal terhadap antibiotik dan susah untuk dihilangkan. Oleh karena itu, infeksi yang diakibatkan oleh bakteri *S. epidermidis* sering kali menjadi tantangan serius dalam sektor kesehatan, terutama bagi pasien dengan imunitas yang rendah (Farras, Hasbi and Parwata, 2024).

C. Uji Aktivitas Antibakteri

1. Metode Difusi

Metode difusi merupakan metode uji antibakteri yang bekerja berdasarkan kemampuan senyawa antibakteri berdifusi ke dalam media padat yang telah diinokulasi bakteri uji. Aktivitas antibakteri ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening di sekitar sumber antibakteri.

Metode difusi terdiri atas beberapa jenis, yaitu:

a. Metode Difusi Cakram (*Disk Diffusion*)

Metode yang digunakan untuk menguji aktivitas antibakteri dengan menempatkan kertas cakram yang telah diimpregnasi larutan uji pada permukaan media padat yang sebelumnya telah ditanami bakteri uji. Selanjutnya, media diinkubasi pada suhu 37°C selama 18–48 jam. Aktivitas antibakteri ditentukan oleh pengukuran diameter zona hambat yang terbentuk di sekitar cakram. Metode ini banyak digunakan karena prosedurnya relatif sederhana, mudah dilakukan, memiliki waktu pengujian yang singkat, serta tidak memerlukan peralatan khusus.

b. Metode Difusi Sumuran (*Hole/Cup Diffusion*)

Metode dilakukan dengan membuat sumuran pada media agar yang telah diinokulasi menggunakan bakteri uji. Selanjutnya, larutan uji dimasukkan ke dalam masing-masing sumuran, kemudian media diinkubasi pada suhu 37°C selama sekitar 24 jam. Aktivitas antibakteri dievaluasi berdasarkan diameter zona hambat yang terbentuk di sekitar sumuran, yang menunjukkan kemampuan senyawa uji dalam menghambat bakteri.

c. Metode Difusi Parit (*Ditch Diffusion*)

Metode dilakukan dengan membuat parit pada media padat, kemudian diisi larutan uji. Senyawa antibakteri akan berdifusi dari parit ke dalam media dan menghambat pertumbuhan bakteri. Metode difusi parit relatif jarang digunakan dibandingkan metode cakram dan sumuran.

2. Metode Dilusi

Metode dilusi digunakan untuk menentukan Kadar Hambat Minimum (KHM) dan Kadar Bakterisidal Minimum (KBM). Metode dilusi terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

a. Metode Dilusi Cair

Teknik pengujian aktivitas antibakteri yang dilakukan dengan menyiapkan serangkaian konsentrasi atau pengenceran senyawa antibakteri di dalam media cair yang telah ditanami bakteri uji. Aktivitas antibakteri kemudian dinilai berdasarkan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM), yaitu konsentrasi terendah dari senyawa uji yang masih mampu menghambat pertumbuhan bakteri secara nyata.

b. Metode Dilusi Padat

Teknik pengujian aktivitas antibakteri yang dilakukan dengan menumbuhkan bakteri uji pada media agar yang telah dicampurkan dengan berbagai konsentrasi senyawa antibakteri. Efektivitas antibakteri selanjutnya ditentukan berdasarkan Konsentrasi Bunuh Minimum, yaitu konsentrasi terendah dari senyawa uji yang mampu membunuh bakteri sehingga tidak lagi menunjukkan pertumbuhan pada media (Burhan *et al.*, 2022).

Tabel 1 Kategori Daya Hambat

Diameter Zona Hambat	Kategori Daya Hambat
> 20	Sangat Kuat
11 - 20 cm	Kuat
6 - 10 cm	Sedang
< 5 mm	Rendah

D. Antibiotik

Antibiotik adalah zat yang berfungsi menghambat atau membunuh bakteri. Dalam studi pengujian aktivitas antibakteri, antibiotik berperan sebagai kontrol positif untuk menilai seberapa efektif bahan uji dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Pemilihan antibiotik sebagai kontrol positif didasarkan pada jangkauan aktivitas dan kemampuannya terhadap bakteri yang diuji (Syafriidah, 2022).

Gentamisin adalah antibiotik dari kelompok aminoglikosida yang memiliki kemampuan membunuh bakteri. Kelompok aminoglikosida dihasilkan dari berbagai spesies *Streptomyces* dan memiliki kemiripan dalam sifat kimia, profil farmakologis, serta aktivitas antimikroba. Gentamisin termasuk dalam kategori

antibiotik spektrum luas yang berfungsi mengatasi infeksi yang disebabkan oleh bakteri Gram-negatif ataupun Gram-positif, terutama pada bakteri basil aerob Gram-negatif. Mekanisme kerja gentamisin dilakukan dengan menghambat sintesis protein bakteri melalui ikatan elektrostatis dengan muatan negatif pada fosfolipid membran sel. Gentamisin berikatan secara spesifik dengan subunit 30S ribosom, yang menyebabkan kesalahan pembacaan mRNA sehingga terbentuk protein yang tidak fungsional. Kesalahan tersebut mengakibatkan penggabungan asam amino ke dalam rantai peptida menjadi tidak tepat, sehingga sintesis protein terganggu dan pertumbuhan bakteri terhambat hingga berhenti (Septiana, Viona and Wahyudi, 2024).



gentamicin

Gambar 3 Struktur Gentamisin

<https://thumbs.dreamstime.com/z/gentamicin-antibiotic-drug-aminoglycoside-class-molecule-skeletal-formula-gentamicin-antibiotic-drug-aminoglycoside-class-molecule-187172172.jpg>

E. Ekstraksi

Ekstraksi adalah pemisahan komponen aktif dari tumbuhan atau jaringan hewan dari elemen yang tidak aktif menggunakan pelarut selektif. Ekstrak dari tumbuhan adalah gabungan dari berbagai zat, di mana zat tertentu sering kali hanya merupakan bagian kecil dari total senyawa tersebut. Ekstrak adalah formulasi yang mengandung semua senyawa yang dapat larut dalam pelarut yang digunakan selama proses ekstraksi (Nugroho and Hartini, 2020). Ekstraksi dalam farmakope mengacu pada proses pemisahan senyawa aktif dari simplisia menggunakan pelarut yang sesuai. Farmakope Indonesia menetapkan standar dan metode pembuatan ekstrak, termasuk jenis pelarut, tahapan ekstraksi dan parameter mutu ekstrak.

Ekstraksi adalah proses memisahkan senyawa aktif yang dapat larut menggunakan pelarut cair tertentu dari bahan simplisia. Simplisia merujuk pada bahan alami yang diambil dari alam dan belum melalui proses pengolahan lainnya kecuali pengeringan. Pengeringan dilakukan agar masa simpan dapat diperpanjang dan penggunaannya menjadi lebih mudah. Simplisia banyak dimanfaatkan sebagai bahan pokok dalam proses ekstraksi (Triyanti *et al.*, 2025).

Metode Ekstraksi Berdasarkan Suhu Pemanasan

1. Metode Ekstraksi Cara Dingin

a. Maserasi

Merupakan metode ekstraksi dengan cara merendam simplisia dalam pelarut tertentu selama 3-5 hari dengan sesekali pengadukan agar senyawa aktif larut.

b. Perkolasi

Merupakan teknik pengambilan senyawa aktif dengan cara mengalirkan zat pelarut secara bertahap melalui serbuk simplisia yang telah dibasahi terlebih dahulu. Proses ini terus dilangsungkan agar senyawa aktif dapat terendapkan dengan optimal.

2. Metode Ekstraksi Cara Panas

a. Refluks

Ekstraksi dengan pemanasan pelarut dan simplisia pada suhu 50-90°C dengan sistem tertutup selama 1–3 jam.

b. Soxhletasi

Metode ekstraksi menggunakan alat soxhlet dengan pemanasan berulang pada suhu titik didih pelarut selama 4–8 jam. Pelarut akan menguap, mengembun, lalu menetes kembali ke simplisia secara terus-menerus.

c. Infusa

Metode ekstraksi dengan menyeduh simplisia menggunakan air panas pada suhu sekitar 90°C selama ± 15 menit untuk menarik senyawa yang larut dalam air.

d. Destilasi

Metode pemisahan senyawa berdasarkan perbedaan titik didih menggunakan pemanasan. Senyawa yang menguap akan didinginkan hingga menjadi cairan.

e. Digesti

Metode maserasi yang menggunakan pemanasan ringan pada suhu 40–50°C untuk mempercepat proses ekstraksi senyawa aktif.

3. Metode Ekstraksi Modern

a. Ekstraksi Ultrasonik (Ultrasound-Assisted Extraction/UAE)

Metode ekstraksi dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik, frekuensi sekitar 20–40 kHz. Gelombang tersebut menghasilkan gelembung-gelembung kecil dalam pelarut yang pecah dan membantu merusak dinding sel simplisia sehingga senyawa aktif lebih cepat keluar. Proses biasanya berlangsung pada suhu $\pm 30\text{--}60^\circ\text{C}$ selama 10–60 menit.

b. Ekstraksi Sentrifugasi

Metode pemisahan ekstrak menggunakan gaya sentrifugal dengan kecepatan sekitar 3.000–10.000 rpm untuk memisahkan cairan ekstrak dan residu simplisia dengan lebih cepat.

c. Ekstraksi Fluida Superkritikal

Ekstraksi fluida superkritikal adalah metode ekstraksi menggunakan fluida pada kondisi superkritikal, biasanya karbon dioksida (CO_2), pada suhu di atas 31°C dan tekanan di atas 73 atm sehingga diperoleh ekstrak yang lebih murni dan minim residu pelarut (BPOM RI, 2023).

F. Metode Ekstraksi Ultrasonik

Perkembangan teknik pengambilan bahan di zaman sekarang menunjukkan kemajuan yang sangat cepat. Salah satu kemajuan dalam metode pengambilan bahan adalah dengan memanfaatkan ultrasonic bath, yang dikenal sebagai metode ultrasonik. Metode ini bekerja untuk mempercepat proses pengambilan bahan dengan bantuan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik mampu memecah dinding sel sehingga senyawa aktif lebih mudah terekstraksi. Selain itu, metode ini sesuai untuk mengekstraksi senyawa bioaktif yang tidak tahan panas karena menggunakan suhu operasi yang relatif rendah (Rifkia and Revina, 2023).

Menurut penelitian sebelumnya yang di lakukan oleh (Firdausia *et al.*, 2025) pada daun kayu bulan, metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE) memiliki keunggulan dalam meningkatkan rendemen ekstrak sekaligus mengoptimalkan pelepasan senyawa aktif, terutama flavonoid dan fenolik. Keunggulan ini berkaitan dengan kerja gelombang ultrasonik yang menghasilkan efek kavitasi, yaitu terbentuknya gelembung-gelembung kecil dalam pelarut yang kemudian pecah dan menyebabkan dinding sel tumbuhan lebih mudah rusak. Kondisi tersebut memungkinkan senyawa aktif yang terdapat dalam jaringan daun kayu bulan lebih cepat keluar dan larut secara maksimal ke dalam pelarut. Selain itu, penggunaan UAE juga dinilai lebih efisien karena mampu menghasilkan ekstrak dengan kadar senyawa aktif yang lebih tinggi dalam waktu ekstraksi yang lebih singkat dibandingkan metode ekstraksi konvensional.

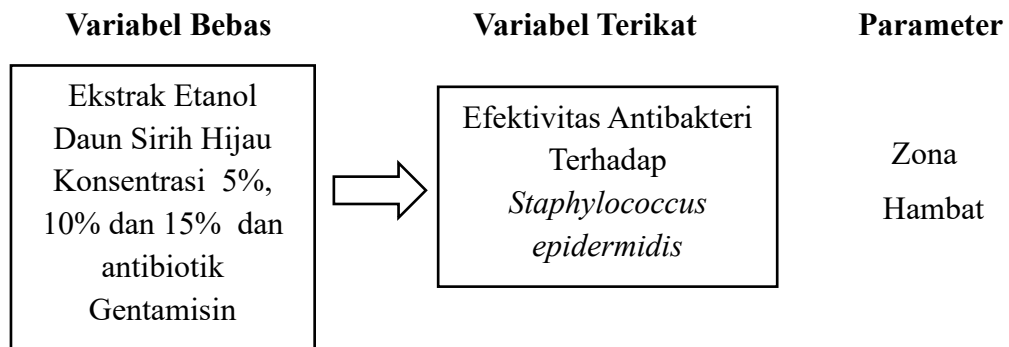
Menurut Marjoni (2022), ekstraksi dengan bantuan gelombang ultrasonik memiliki proses yang lebih cepat dibandingkan metode ekstraksi konvensional sehingga lebih efisien dari segi waktu. Selain itu, metode ini memerlukan energi dan pelarut yang lebih sedikit serta mampu menghasilkan rendemen ekstrak yang lebih tinggi.



Gambar 4 Ultrasonicator

<https://www.ramsit.co.in/sonicator-ultrasonic-bath.html>

G. Kerangka Konsep



Gambar 5 Kerangka Konsep

H. Definisi Operasional

1. Ekstrak etanol daun sirih hijau adalah sediaan hasil ekstraksi daun sirih hijau (*Piper betle* L.) dengan pelarut etanol, yang dibuat dalam beberapa konsentrasi yaitu 5%, 10% dan 15% serta digunakan sebagai bahan uji antibakteri dalam penelitian .
2. Gentamisin adalah antibiotik spektrum luas untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis*. Pada pengujian efektivitas antibakteri, gentamisin diaplikasikan menggunakan *paper disk* dan berfungsi sebagai kontrol positif.
3. Efektivitas antibakteri adalah kemampuan suatu senyawa atau zat dalam menghambat atau membunuh bakteri.
4. *Staphylococcus epidermidis* adalah bakteri yang digunakan dalam penelitian sebagai bakteri uji.
5. Zona hambat bakteri adalah daerah bening di sekitar *paper disk* pada media agar yang menunjukkan terhambatnya pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis*, yang diukur menggunakan jangka sorong dalam satuan milimeter (mm).

I. Hipotesis

Ekstrak etanol daun sirih hijau (*Piper betle* L.) efektif menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis*.