

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Bakteri *Streptococcus mutans*

1. Pengertian

Streptococcus mutans adalah bakteri gram positif yang biasanya ditemukan di rongga mulut manusia dan cenderung membentuk pasangan atau rantai selama fase pertumbuhannya. Bakteri ini berbentuk kokus dan bersifat anaerob, memiliki kemampuan untuk memetabolisme karbohidrat terutama sukrosa, dan menciptakan suasana asam di dalam rongga mulut, yang menyebabkan kerusakan gigi. Bakteri ini termasuk dalam golongan *Streptococcus* yang bersifat heterogen. Beberapa dari mereka merupakan bagian dari flora normal pada manusia. *Streptococcus mutans* juga bersifat kariogenik karena dapat menempel pada permukaan gigi (Sahlan dkk, 2019).

Ada korelasi antara prevalensi karies dan jumlah bakteri *Streptococcus mutans* pada plak gigi. Hal ini disebabkan oleh beberapa karakteristik bakteri ini, seperti kemampuan mereka untuk membentuk koloni dan melekat pada permukaan gigi, mensintesis sukrosa, dan menghasilkan asam, yang dapat menurunkan pH mulut. Akibatnya, bakteri ini adalah target utama dalam pencegahan karies (Wijaya & Suryantika, 2021).

2. Klasifikasi

Menurut *Encyclopedia of Life* (2024), klasifikasi *Streptococcus mutans* adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Monera*

Divisi : *Firmicutes*

Kelas : *Bacilli*

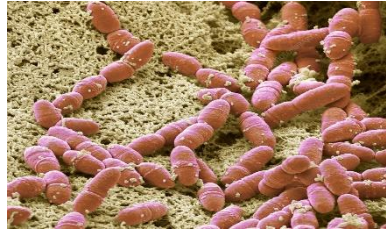
Ordo : *Lactobacilalles*

Famili : *Streptococcaceae*

Genus : *Streptococcus*

Spesies : *Streptococcus mutans*

3. Morfologi



Gambar 1. Bakteri *Streptococcus mutans*
(Sumber: Steve, 2023)

Streptococcus mutans memiliki sel yang berbentuk bulat atau lonjong dengan diameter sekitar 1 μm , yang biasanya tersusun dalam bentuk rantai atau berpasangan. *Streptococcus mutans* termasuk dalam kategori bakteri Gram positif, bersifat alfa hemolitik, dan bersifat fakultatif dalam kebutuhan oksigennya. Morfologi *Streptococcus mutans* pada media agar mitis salivarius terlihat dalam bentuk koloni dengan diameter antara 0,1 hingga 1 mm. Koloni ini bersifat keras, mirip dengan buah *raspberry*, dan menonjol setelah diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C dalam lingkungan anaerob (Asri & Hartatiek, 2017).

4. Habitat

Streptococcus mutans merupakan bakteri yang secara alami ada di dalam rongga mulut manusia, terutama di permukaan gigi, lidah, pipi, dan dalam air liur. Dengan lokasi yang lebih spesifik pada plak gigi yang merupakan sebuah biofilm multispecies yang terbentuk pada permukaan gigi yang keras. Bakteri ini umumnya dijumpai di mulut setiap orang dan memegang peranan penting di antara semua bakteri yang menempati area-area tersebut. *Streptococcus mutans* menjadi penghuni utama rongga mulut dan seringkali lebih banyak terdapat pada gigi yang memiliki lubang atau celah, menyumbang pada persentase yang signifikan dari total *Streptococcus* dalam rongga mulut (Lemos dkk, 2019).

5. Patogenesis

Streptococcus mutans adalah bakteri gram-positif yang dapat menyebabkan karies gigi. Bakteri ini secara alami tumbuh di dalam rongga mulut manusia, terutama pada permukaan gigi. Bakteri ini dapat membentuk biofilm pada permukaan gigi dan menghasilkan asam yang

dapat merusak lapisan email gigi. Selain itu, bakteri ini dapat menyebabkan endokarditis bakterial sub-akut, yang merupakan peradangan pada katup jantung. Kemampuan *Streptococcus mutans* untuk bertahan di lingkungan yang didominasi telah memungkinkan mereka untuk mengembangkan cara untuk mempertahankan keberadaannya di dalam biofilm gigi (Lemos dkk, 2019).

Biofilm mikroba sangat kompleks dan mengalami berbagai perubahan morfologi dan biokimia selama transformasi dari bentuk planktonik menjadi penghasil biofilm. Film biologis ini terdiri dari matriks polisakarida, yang memungkinkan mikroorganisme berlabuh pada platform yang dapat berupa biotik atau abiotik (Ranganathan & Akhila, 2019).

B. Tinjauan Umum Perdu

1. Pengertian

Perdu adalah tumbuhan berkayu dengan banyak cabang yang tumbuh rendah dekat permukaan tanah, dengan tinggi di bawah 6 meter (20 kaki). Biasanya tumbuh berkelompok dan memiliki batang yang rendah meskipun kadang panjang. Perdu merupakan tumbuhan berkayu (lignosus) dengan umur panjang, dan batang utamanya seringkali kurang jelas (Rahmani & Wahyunah, 2018).

2. Morfologi

Karakter morfologi tumbuhan perdu meliputi batang utama yang tumbuh tegak lurus dan berkayu dengan tinggi sekitar 6 meter. Batang utama terkadang pendek, dan memiliki daun tunggal atau majemuk dengan banyak percabangan batang yang tumbuh dekat dengan tanah (Weber dkk, 2020).

3. Karakteristik

Perdu memiliki sejumlah sifat karakteristik yang membedakannya dari jenis tumbuhan lainnya. Tumbuhan ini biasanya memiliki akar tunggang dengan batang kayu yang hijau dan hidup berkelompok, terdiri dari lebih dari satu pohon, dengan ranting dan daun yang tumbuh berdekatan.

Tumbuhan ini tumbuh cepat dan mampu menghasilkan bunga serta banyak biji dalam waktu singkat. Pada akhir musim tanam, daun dan batangnya mati dan jatuh ke tanah (Diaz dkk, 2016).

4. Manfaat

Tumbuhan perdu memiliki berbagai manfaat. Secara ekologis, perdu berperan penting sebagai penstabil tanah, habitat bagi berbagai fauna, dan dalam siklus nutrisi melalui daun dan batang yang gugur. Banyak spesies perdu yang digunakan dalam pengobatan tradisional untuk berbagai penyakit karena kandungan senyawa aktifnya (Bannett dkk, 2015)

C. Tinjauan Umum Tanaman Bandotan (*Ageratum conyzoides L*)

1. Pengertian

Ageratum conyzoides L, yang dikenal secara lokal sebagai "Bandotan" merupakan salah satu tanaman yang digunakan sebagai obat tradisional. Tanaman ini memiliki khasiat yang dijadikan sebagai ramuan pengobatan dalam praktik pengobatan tradisional (Safani dkk, 2019). Bandotan (*Ageratum conyzoides L*), juga dikenal sebagai tumbuhan perdu, adalah tumbuhan liar yang mudah ditemukan di Indonesia. Tumbuhan ini biasanya tumbuh dengan cepat di berbagai jenis tanah (Silalahi, 2019). Tanaman tersebut sering ditemukan di Asia Tenggara, India, Amerika, dan China Selatan (Chahal dkk, 2021).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, tumbuhan ini memiliki kemampuan untuk memproduksi senyawa metabolit utama, seperti gula dan lemak. Di samping itu, juga dapat ditemukan senyawa metabolit sekunder, termasuk *alkaloid*, *saponin*, *tanin*, dan *flavonoid* pada tumbuhan ini (Chahal dkk, 2021).

2. Nama Lain

Tumbuhan bandotan ini memiliki beberapa nama lokal di Indonesia, seperti badotan (Jambi), rumput belanda (Bengkulu), jukut bau, ki bau (Sunda), wedusan, tempuyak (Jawa), dus bedusan (Madura), siangur (Batak Angkola Mandailing), sibaubau (Batak Toba), dawet, lawet, rukut manoe, sopi, wedusan, wolio (Sulawesi) (Silalahi, 2019).

3. Klasifikasi

Menurut *United States Department of Agriculture* (2024), klasifikasi tumbuhan bandotan adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*

Divisi : *Magnoliophyta*

Kelas : *Magnoliopsida*

Ordo : *Asterales*

Familia : *Astreaceae*

Genus : *Ageratum*

Spesies : *Ageratum conyzoides L*

4. Morfologi



Gambar 2. Daun Bandotan (*Ageratum conyzoides L*)
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Bandotan masuk dalam kategori tumbuhan terna semusim yang dapat tumbuh secara tegak atau dengan bagian bawahnya yang berbaring, memiliki tinggi sekitar 30-50 cm, dan memiliki cabang-cabang. Batangnya berbentuk bulat, lembut, dan berselaput halus. Daun-daunnya berbentuk bulat telur dengan warna hijau atau hijau kekuningan, memiliki bintik-bintik hijau kuning, dan memiliki panjang sekitar 2-10 cm serta lebar 0,5-5 cm. Pinggir daunnya bergerigi dan dilengkapi dengan bulu-bulu putih halus di sekelilingnya. Tangkai daun bandotan memiliki panjang sekitar 0,5-5 cm, tumbuh berselingan atau berhadapan satu sama lain. Bunganya muncul dalam kelompok kecil-kecil dalam satu tabung, dengan variasi warna ungu dan putih (Hidayat dkk, 2015).

5. Kandungan Senyawa Daun Bandotan

Senyawa kimia yang terdapat dalam daun bandotan (*Ageratum conyzoides L*) seperti *alkaloid*, *flavonoid*, *saponin*, *tanin*, dan *steroid*, memiliki potensi untuk dijadikan zat antibakteri. Khususnya, senyawa *flavonoid*, *saponin*, dan *tanin* dianggap memiliki potensi sebagai agen antibakteri (Munira dkk, 2020). *Flavonoid*, *saponin*, *tanin*, dan *alkaloid* adalah senyawa yang dapat menjadi metabolit sekunder bakteri *Streptococcus mutans* (Mulyantini dkk, 2020).

Flavonoid merupakan senyawa kimia dengan sejumlah manfaat kesehatan, termasuk sifat antibakteri terhadap *Streptococcus mutans*. Mekanisme aksinya melibatkan pembentukan senyawa kompleks, pengaruh terhadap enzim biosintesis lemak bakteri, dan merusak kesehatan sel, sehingga mengurangi pembentukan biofilm (Yan dkk, 2023). *Flavonoid* mencegah perkembangan mikroba dengan masuk ke dalam sel dan menyebabkan koagulasi protein pada membran sel, yang merusak struktur protein, dinding sel, membran sitoplasma, dan permeabilitas menjadi tidak stabil, dan kontrol protein sel *Streptococcus mutans* terganggu, yang menyebabkan sel lisis (Mulyantini dkk, 2020).

Saponin merupakan senyawa kimia dengan manfaat kesehatan, termasuk sifat antibakteri terhadap *Streptococcus mutans*. Mekanisme kerjanya melibatkan gangguan permeabilitas sel, memburuknya kesehatan sel, dan pengaruh pada enzim biosintesis lemak bakteri. *Saponin* menunjukkan potensi sebagai agen antibakteri yang efektif (Sugiaman dkk, 2023). Ketika *saponin* melekat pada lapisan biofilm bakteri, mereka menurunkan tegangan permukaan pada dinding sel bakteri sehingga mengurangi permeabilitas sel dan dinding sel rapuh, yang kemudian menyebabkan kematian sel (Mulyantini dkk, 2020).

Tanin bertindak sebagai antibakteri terhadap *Streptococcus mutans* dalam berbagai cara. *Tanin* memiliki potensi sebagai senyawa antibakteri melalui mekanisme perlekatan pada membran sel bakteri, yang merusak dinding sel dan mengganggu metabolisme bakteri. Mekanisme ini dapat

menghentikan pertumbuhan bakteri dan membantu mengendalikan infeksi *Streptococcus mutans* (Mulyantini dkk, 2020).

Alkaloid berperan sebagai antibakteri terhadap *Streptococcus mutans* melalui beberapa cara. Secara umum, *alkaloid* dapat merusak kesehatan sel bakteri, menghambat pembentukan biofilm, dan mempengaruhi ekspresi enzim yang terlibat dalam biosintesis lemak bakteri (Sugiaman dkk, 2023). *Alkaloid* bertindak sebagai antibakteri dengan menghentikan sintesis dinding sel yang mengakibatkan lisis dinding sel, yang kemudian menghentikan pertumbuhan bakteri (Mulyantini dkk, 2020).

Flavonoid terbukti sebagai senyawa paling efektif dalam menghambat bakteri *Streptococcus mutans*. Senyawa ini dikenal memiliki aktivitas antibakteri yang kuat, termasuk kemampuannya untuk merusak dinding sel, menonaktifkan enzim, berikatan dengan adhesin, dan merusak membran sel. Meskipun *saponin*, *tanin*, dan *alkaloid* juga memiliki aktivitas antibakteri, hasil penelitian menunjukkan bahwa *flavonoid* memiliki daya hambat antibakteri yang lebih kuat dibandingkan dengan senyawa lainnya (Nugraha dkk, 2017).

6. Manfaat

Tumbuhan bandotan (*Ageratum conyzoides L*) memiliki banyak manfaat kesehatan karena senyawanya. Tumbuhan memiliki berbagai bagian yang dapat digunakan sebagai obat, termasuk akar, batang, daun, buah, biji, bunga, dan kulit. Bagian yang paling sering digunakan sebagai obat adalah daun, meskipun akar juga kadang-kadang digunakan dalam pembuatan obat herbal dan tradisional (Hilaliyah, 2021).

Tanaman bandotan adalah tanaman obat yang cukup dikenal masyarakat dan digunakan sebagai obat tradisional untuk mencegah dan menyembuhkan penyakit. Daun bandotan sangat berkhasiat dan dapat diolah serta digunakan sebagai obat luka dan untuk menyembuhkan demam, malaria, batuk, sakit perut, dan penyakit lainnya. Penggunaan daun bandotan ini sangat bermanfaat bagi kesehatan dan mengurangi biaya pengobatan (Sarumaha, 2022).

D. Tinjauan Umum Karies Gigi

1. Pengertian

Karies gigi merupakan hasil dari berbagai faktor, yang timbul akibat hubungan kompleks antara biofilm kariogenik dalam mulut dan proses fermentasi karbohidrat di permukaan gigi seiring berjalannya waktu (Rakhmadian, 2022). Penyakit pada jaringan keras gigi ini ditandai dengan kerusakan jaringan dimulai dari permukaan gigi mulai dari email, dentin, dan meluas ke pulpa. Karbohidrat dan mikroorganisme adalah beberapa penyebab karies. Penyakit dapat menyebabkan rasa sakit, kehilangan gigi, dan infeksi jika dibiarkan tidak diobati (Safela dkk, 2021).



Gambar 3. Karies Gigi
(Sumber: Rakhmadian, 2022)

2. Patogenesis

Plak bakteri pada permukaan gigi menghasilkan asam sebagai hasil metabolisme karbohidrat, yang merupakan awal dari patogenesis karies gigi. Selanjutnya, asam ini akan melarutkan mineral kalsium fosfat pada dentin atau enamel gigi. Proses ini disebut demineralisasi. Lesi bercak putih (putih kapur) akan terbentuk pada bagian lesi pada stadium awal. Lesi kemudian akan berwarna kehitaman. Selain itu, kerusakan gigi yang lebih parah akan terjadi jika pasien tetap tidak menjaga kebersihan gigi dari plak dan tidak mengurangi konsumsi gula (Soesilawati, 2020).

3. Manifestasi Klinis

Gejala klinis karies gigi melibatkan proses demineralisasi jaringan keras gigi, yang selanjutnya diikuti oleh kerusakan bahan organiknya. Hasilnya, bakteri dapat menginvasi dan menyebabkan kematian pulpa gigi, menciptakan potensi penyebaran infeksi ke jaringan periapikal. Gejala ini

dapat menyebabkan rasa nyeri yang dirasakan oleh individu yang mengalami karies gigi (Hutagalung dkk, 2022).

4. Pengobatan

Pengobatan karies gigi bervariasi sesuai tingkat keparahan. Pencegahan melibatkan kebersihan gigi rutin, termasuk menyikat gigi dan menggunakan benang gigi. Penambalan gigi umumnya digunakan, melibatkan pembersihan dan penambalan area yang terkena karies. Opsi lain meliputi pemasangan mahkota, perawatan saluran akar, atau pencabutan gigi untuk kerusakan parah. Pengobatan rumahan mencakup berkumur dengan obat kumur fluoride, asupan vitamin D, dan menyikat gigi menggunakan pasta gigi berfluorida. Jika tidak diobati, karies gigi dapat menyebabkan sakit hebat, infeksi, dan kerusakan gigi yang lebih parah (Peres dkk, 2019).

E. Tinjauan Umum Aktivitas Antibakteri

1. Pengertian

Antibakteri adalah zat yang dapat membunuh atau menekan pertumbuhan atau reproduksi bakteri. Antibakteri termasuk ke dalam antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri (Seko dkk, 2021). Antibakteri harus memiliki tingkat toksisitas selektif yang tinggi terhadap mikroba, karena antibakteri digunakan untuk menghentikan perkembangan bakteri penyebab infeksi dan penyakit. Substansi ini dihasilkan oleh organisme dan memiliki kemampuan membunuh bakteri patogen serta menghambat pertumbuhan bakteri (Magani dkk, 2020).

Berdasarkan cara kerjanya, antibakteri dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yakni antibakteri yang memiliki sifat memusnahkan mikroorganisme disebut sebagai aktivitas bakterisida, sementara yang bersifat menghambat mikroorganisme dinamakan bakteristatik. Bakterisida atau bakteriosida memiliki sifat toksisitas selektif yang mampu membunuh mikroba, sedangkan bakteristatik memiliki sifat toksisitas yang menghalangi atau menghambat pertumbuhan mikroba (Waluyo, 2022).

2. Mekanisme Kerja Antibakteri

Mekanisme antibakteri dalam membunuh bakteri melibatkan penghentian fungsi selaput sel, pembentukan asam nukleat, protein, dan dinding sel (Adiwibowo, 2020). Menurut Anggita dkk (2022), setiap jenis zat antibakteri memiliki cara kerjanya masing-masing untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Mekanisme kerja zat antibakteri dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Menghambat Sintesis Dinding Sel

Bakteri memiliki dinding sel yang padat, berfungsi untuk mempertahankan bentuk dan ukuran mikroorganisme dengan tekanan osmotik internal yang tinggi. Gangguan pada sintesis atau kerusakan dinding sel dapat menyebabkan lisis sel. Contoh antibakteri yang menggunakan mekanisme ini termasuk *penisilin*, *sefalosporin*, *vankomisin*, *basitrasin*, dan *ampisilin*.

b. Menghambat Sintesis Asam Nukleat

Beberapa obat, seperti *kuinolon*, *primetamine*, *rifampisin*, *sulfonamid*, *trimetoprim*, dan *trimetral*, bekerja dengan menghambat sintesis asam nukleat. *Rifampisin* sebagai contoh, mengikat RNA bakteri secara kuat, sementara *kuinolon* dan *fluorokuinolon* menghambat sintesis DNA bakteri dengan menghambat DNA girase. *Sulfonamid* yang merupakan analog struktural PABA (asam p-aminobenzoat) dan menghambat *dyidropteroate synthetase*.

c. Menghambat Sintesis Protein

Protein diperlukan oleh bakteri untuk bertahan hidup, dan sintesisnya terjadi di ribosom. Bakteri memiliki ribosom 70S dengan 2 sub unit, yaitu 30S dan 50S. Gangguan pada subunit ribosom dapat mengganggu pemrosesan protein.

d. Menghambat Fungsi Membran Sel

Membran sel bakteri memainkan peran penting dalam menjaga integritas sel, mengontrol komposisi dalam sel, dan melaksanakan transpor aktif. Jika keutuhan membran sel terganggu, maka

makromolekul dan ion dapat keluar dari sel, menyebabkan kerusakan atau kematian sel. Beberapa obat antibakteri bekerja dengan menghambat fungsi membran sel.

F. Tinjauan Umum Uji Daya Hambat

1. Pengertian

Uji daya hambat antibakteri adalah suatu metode untuk menguji kemampuan suatu zat atau senyawa untuk menghambat atau membunuh pertumbuhan bakteri. Uji ini dilakukan dengan menempatkan zat atau senyawa tersebut pada media pertumbuhan bakteri dan mengamati apakah bakteri tumbuh atau tidak. Jika bakteri tidak tumbuh, maka zat atau senyawa tersebut memiliki daya hambat antibakteri (Magvirah dkk, 2020). Uji daya hambat antibakteri penting dilakukan untuk mengetahui efektivitas suatu zat atau senyawa dalam menghambat atau membunuh bakteri, sehingga dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pengembangan obat-obatan atau produk-produk sanitasi (Rohimah dkk, 2021).

2. Metode Pengujian

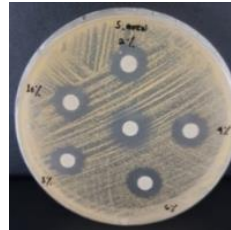
Dalam pengujian ini, fokus pengamatan dan pengukuran ditujukan pada respons pertumbuhan mikroba setelah berinteraksi dengan agen antimikroba atau antibakteri. Efektivitas suatu antibakteri dianggap tercapai ketika ia dapat memberikan efek hambatan terhadap pertumbuhan bakteri yang diujikan. Terdapat dua jenis metode uji daya hambat antibakteri berdasarkan media yang digunakan, yaitu metode difusi dan metode dilusi (Utami, 2023).

a. Metode Difusi Agar

Prinsip utama metode difusi agar adalah ketika senyawa antimikroba dimasukkan ke dalam media di mana bakteri telah diinokulasikan, senyawa tersebut akan mengalami difusi. Pembacaan hasil dilakukan berdasarkan kemampuan mikroba untuk menghambat di sekitar sumuran atau cakram, dan diukur dengan menggunakan jangka sorong (Nida, 2019). Tujuan dari penggunaan metode ini

adalah untuk mengetahui aktivitas antibakteri suatu zat dengan melihat kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan bakteri yang diujikan (Utami dkk, 2023). Metode ini dapat dilakukan melalui beberapa cara berikut:

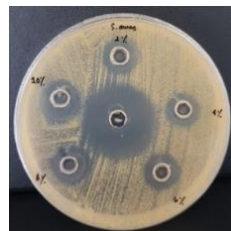
1) Metode Cakram/Disk (*Kirby Bauer*)



Gambar 4. Metode Cakram
(Sumber: Nurhayati dkk, 2020)

Metode difusi cakram ini melibatkan penggunaan kertas cakram steril (*paper disc*) sebagai wadah untuk zat antibiotik. Kertas cakram yang telah menyerap antibiotik ditempatkan di permukaan lempeng media cawan yang telah diinokulasi dengan bakteri uji. Setelah itu, media ditempatkan dalam kondisi inkubasi yang sesuai dengan optimal pertumbuhan mikroba yang diuji, biasanya pada suhu 37°C, dan dibiarkan selama 18-24 jam. Setelah proses inkubasi, pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan bakteri untuk menentukan keberadaan atau tidaknya daerah hambatan di sekitar lubang tersebut. (Utami dkk, 2023).

2) Metode Sumuran (*Well Diffusion*)



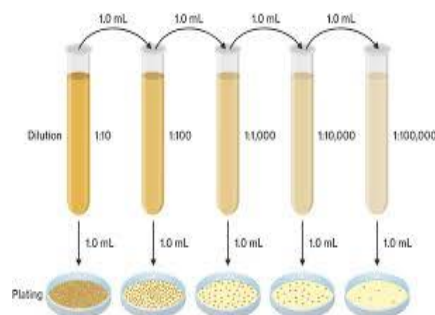
Gambar 5. Metode Sumuran
(Sumber: Nurhayati dkk, 2020)

Metode difusi sumuran dilakukan dengan membuat lubang tegak lurus pada media agar padat yang telah diinokulasi dengan bakteri yang akan diuji. Jumlah dan posisi lubang disesuaikan dengan tujuan penelitian, lalu diisi dengan sampel uji. Setelah

inkubasi, pertumbuhan bakteri diamati untuk menilai apakah terbentuk zona resistensi di sekitar lubang. Metode difusi sumuran memiliki kelebihan yaitu memudahkan pengukuran luas zona hambat yang terbentuk, mengingat aktivitas bakteri tidak terbatas pada permukaan media, melainkan juga mencapai bagian bawah media. Namun, terdapat kekurangan dalam pembuatan sumuran, termasuk kemungkinan adanya sisa-sisa agar di media yang digunakan dan risiko retak atau pecahnya media agar di sekitar sumuran, yang dapat menghambat proses peresapan antibiotik ke dalam media dan memengaruhi pembentukan diameter zona bening saat melakukan uji sensitivitas (Nurhayati dkk, 2020).

b. Metode Dilusi

Metode dilusi memiliki dua teknik pelaksanaan, yaitu teknik dilusi cair dan teknik dilusi padat. Tujuannya adalah untuk menentukan aktivitas antimikroba secara kuantitatif (Utami dkk, 2023). Prinsipnya melibatkan serangkaian pengenceran bahan uji dalam berbagai konsentrasi. Metode ini dapat digunakan untuk menentukan *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC) dan *Minimum Bactericidal Concentration* (MBC) dari bahan uji (Harti, 2015).



Gambar 6. Metode Dilusi
(Sumber: Saphiera, 2019)

1) Metode Dilusi Cair

Metode ini bertujuan untuk mengukur Kadar Hambat Minimum (KHM) atau *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC). Langkah-langkahnya melibatkan pembuatan berbagai variasi

konsentrasi zat antibakteri yang kemudian dicampur dengan suspensi bakteri uji. Konsentrasi zat antibakteri yang menyebabkan larutan menjadi jernih pada kadar terkecil tanpa adanya pertumbuhan mikroba dianggap sebagai Kadar Hambat Minimum (KHM). Selanjutnya, dilakukan kultur ulang pada media cair dan diinkubasi selama 18-24 jam. Konsentrasi zat antibakteri yang mempertahankan kejernihan media cair dianggap sebagai Kadar Bunuh Minimum (KBM) (Warnida dkk, 2018).

2) Metode Dilusi Padat

Metode ini mirip dengan teknik dilusi cair, tetapi diterapkan pada media padat. Penggunaan metode ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi antibakteri terkecil yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Konsentrasi paling rendah yang tidak menunjukkan tanda-tanda pertumbuhan bakteri akan diidentifikasi sebagai Kadar Bunuh Minimum (KBM). Keunggulan dari metode ini adalah bahwa konsentrasi agen antimikroba yang diuji dapat diaplikasikan untuk menguji berbagai jenis mikroba yang berbeda (Warnida dkk, 2018).

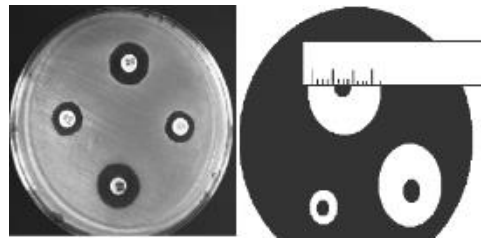
3. Media Pertumbuhan

Media kultur atau media pertumbuhan mikroorganisme merupakan suatu bahan yang mengandung campuran nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan. Media kultur digunakan sebagai *gold standard* dalam mendukung diagnosis pasti penyakit infeksi, serta dapat digunakan untuk isolasi, pengujian sifat fisiologis, dan perhitungan jumlah mikroorganisme (Atmanto dkk, 2022).

Media pertumbuhan mengandung berbagai komponen nutrisi seperti gula, amilum, protein, mineral, dan sebagainya. Komponen tersebut terdiri dari makro elemen, yang dibutuhkan dalam jumlah besar oleh mikroorganisme, dan mikro elemen, yang meskipun dibutuhkan dalam jumlah kecil, memainkan peran penting dalam pertumbuhan mikroba (Abna, 2017).

Media *Mueller Hinton Agar* (MHA) direkomendasikan oleh WHO untuk pengujian antibakteri pada bakteri aerobik dan anaerobik fakultatif, terutama dalam konteks makanan dan bahan klinis. Media ini menjadi standar yang terbukti memberikan hasil yang baik dan dapat direproduksi. Keunggulan MHA melibatkan kandungan inhibitor *sulfonamida*, *trimetoprim*, dan *tetrasiklin* yang mendukung pertumbuhan patogen dengan baik, sementara konsentrasi agar yang tinggi memperbaiki proses difusi, menjadikannya lebih efektif dibandingkan dengan media lainnya (Marliana dkk, 2022).

4. Pengukuran Zona Hambat



Gambar 7. Pengukuran Zona Hambat
(Sumber: Suryani dkk, 2015)

Ukuran diameter zona hambat diukur menggunakan alat pengukur seperti jangka sorong atau mistar dalam satuan milimeter (mm). Pengukuran nilai zona hambat dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{(DV - DC) + (DH - DC)}{2}$$

Keterangan : DV : Diameter Vertikal
DH : Diameter Horizontal
DC : Diameter Cakram

5. Klasifikasi Zona Hambat

Berdasarkan diameter zona hambat yang terbentuk, aktivitas antibakteri dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu resisten (zona hambat ≤ 17 mm), intermediet (zona hambat antara 18-20 mm), dan sensitif (zona hambat ≥ 21 mm) (CLSI, 2021). Sensitif mengacu pada kondisi di mana mikroba sangat responsif terhadap antibiotik, atau dapat diartikan sebagai kepekaan suatu antibiotik yang masih efektif dalam

menghambat pertumbuhan mikroba. Intermediet merupakan keadaan di mana terjadi pergeseran dari sensitifitas ke resistensi, walaupun belum mencapai tingkat resistensi yang sepenuhnya. Sementara itu, resisten merujuk pada keadaan di mana mikroba telah menjadi peka atau kebal terhadap antibiotik sehingga tidak lagi merespon secara efektif (Artati dkk, 2018).

Tabel 1. Perbandingan zona hambat pada bakteri *Streptococcus mutans*

No.	Jenis Tanaman	Bakteri	Metode	Konsentrasi	Zona Hambat	Referensi
1.	Sirih Merah (<i>Piper crocatum</i>)	<i>Streptococcus mutans</i>	Difusi Sumuran	60% 70% 80% 90% 100%	6 mm 8,16 mm 9,33 mm 10 mm 12,67 mm	(Amiluddin dkk, 2023)
2.	Daun Kemangi (<i>Ocimum basilicum L.</i>)	<i>Streptococcus mutans</i>	Difusi Cakram	20% 40% 60% 80% 100%	6,90 mm 7,33 mm 8,12 mm 9,65 mm 10,26 mm	(Syarifuddin dkk, 2020)
3.	Daun Serai (<i>Cymbopogon citratus</i>)	<i>Streptococcus mutans</i>	Difusi Cakram	25% 50% 70%	2,2 mm 10 mm 17,6 mm	(Yauri dkk, 2022)

G. Tinjauan Umum Pengeringan

1. Pengertian

Pengeringan adalah proses yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam suatu simplisia. Proses pengeringan dimulai dengan sortasi, diikuti dengan pencucian, dan kemudian pengeringan sesuai dengan metode yang dipilih hingga kadar air mencapai $\leq 10\%$ yang bertujuan untuk mencegah pertumbuhan bakteri dan jamur pada tahap penyimpanan. Daun yang telah dikeringkan memiliki karakteristik yang mudah hancur jika diremas dan mengalami perubahan warna yang signifikan (Dharma dkk, 2020). Proses pengeringan yang berlangsung terlalu lama dan pada suhu yang tinggi dapat mengakibatkan penurunan kualitas karena memiliki potensi merusak komponen-komponen yang terdapat di dalamnya (Purwanti dkk, 2018).

2. Metode Pengeringan

Terdapat beberapa metode pengeringan yaitu oven, kering angin, sinar matahari, dan rumah kaca.

- a. Proses pengeringan dengan menggunakan oven dilakukan pada suhu antara 40-50°C selama 150 menit. Dalam penelitian ini, dilakukan metode pengeringan menggunakan oven, karena metode ini efektif dalam mengurangi kadar air dalam jumlah besar dalam waktu yang singkat (Dharma dkk, 2020). Penggunaan oven memungkinkan tercapainya berat kering yang stabil dengan lebih cepat. Efisiensi ini juga dipengaruhi oleh suhu yang digunakan. Suhu yang lebih tinggi dalam pengeringan dapat mengurangi kadar air produk, karena semakin tinggi suhu, proses transpirasi berlangsung lebih cepat (Widarta dkk, 2019).
- b. Pengeringan angin dilakukan di lokasi yang tidak terpapar langsung sinar matahari. Metode kering angin dianggap ekonomis dan dapat mempertahankan senyawa bioaktif dalam simplisia, namun dianggap kurang efisien dari segi waktu. pengeringan yang berlangsung lama pada suhu ruang juga dapat menyebabkan penurunan kadar senyawa bioaktif dalam simplisia (Dharma dkk, 2020; Widarta dkk, 2019).
- c. Proses pengeringan matahari dilakukan dengan menjemur daun di bawah sinar matahari. Metode pengeringan dengan sinar matahari memiliki keuntungan dari segi biaya produksi dengan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode kering angin, namun paparan sinar matahari dapat merusak senyawa fitokimia dan kandungan kimia dalam simplisia karena sinar ultraviolet (Dharma dkk, 2020; Widarta dkk, 2019).
- d. Pengeringan rumah kaca dilakukan dengan menggunakan peralatan yang menyerupai ruangan dan dapat menyimpan panas matahari. Efek rumah kaca memungkinkan pemanfaatan energi panas matahari secara optimal untuk proses pengeringan. Namun, membutuhkan peralatan

khusus yang dapat menambah biaya produksi secara keseluruhan (Dharma dkk, 2020).

H. Tinjauan Umum Ekstraksi

1. Pengertian

Ekstraksi adalah proses memisahkan senyawa kimia dari jaringan tumbuhan atau hewan dengan pelarut tertentu. Ekstrak adalah sediaan pekat hasil ekstraksi zat aktif dengan pelarut, diikuti penguapan pelarut, dan pengolahan hingga memenuhi standar (Sihombing dkk, 2022). Tujuan ekstraksi adalah menghilangkan komponen kimia dari bahan alami. Proses ini berdasarkan prinsip perpindahan sejumlah besar komponen zat ke dalam pelarut, dimulai dari lapisan antarmuka hingga berdifusi ke dalam pelarut.

2. Metode Ekstraksi

Ekstraksi dapat dilakukan dengan dua metode, yakni metode dingin (maserasi), dan panas (soxhletasi) (Riasari dkk, 2022).

- 1) Maserasi atau metode dingin adalah metode ekstraksi yang melibatkan penggunaan pelarut diam atau adanya pengadukan beberapa kali pada suhu ruangan. Pada proses maserasi, serbuk simplisia direndam dalam pelarut, yang kemudian menembus dinding sel dan masuk ke dalam rongga sel yang mengandung zat aktif sehingga zat tersebut dapat larut. Pada penelitian ini menggunakan metode maserasi karena dalam prosesnya tidak melibatkan pemanasan yang dapat mempengaruhi kandungan metabolit sekunder yang tidak tahan panas pada simplisia daun bandotan (*Ageratum conyzoides L*). Selain itu, teknik pengerjaan dan peralatan yang digunakan dalam metode maserasi dianggap sederhana (Jungjunan, 2022). Namun kelemahannya terletak pada waktu pengerjaan yang lebih lama dan hasil ekstraksi yang mungkin kurang sempurna (Lisnawati & Prayoga, 2022).
- 2) Soxhlet atau metode panas adalah ekstraksi yang melibatkan penggunaan pelarut yang selalu baru dan menggunakan alat khusus, memungkinkan ekstraksi yang konstan dengan adanya pendingin balik

(kondensor). Kelebihan metode soxhlet yaitu ekstraksi yang berlangsung secara kontinu, waktu ekstraksi yang lebih singkat, dan penggunaan jumlah pelarut yang lebih sedikit dibandingkan dengan metode maserasi. Namun, kelemahannya dapat menyebabkan kerusakan pada solut atau komponen lain yang tidak tahan panas karena pemanasan ekstrak yang dilakukan secara terus menerus (Sihombing dkk, 2022).

I. Tinjauan Umum Antibiotik

1. Pengertian

Antibiotik adalah senyawa kimia yang diproduksi oleh mikroorganisme dan memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan serta membunuh mikroorganisme dalam larutan encer. Antibiotik yang tidak terlalu beracun terhadap organisme inang digunakan sebagai agen kemoterapeutik dalam pengobatan penyakit infeksi pada manusia (Nurhayat dkk, 2020).

2. Antibiotik *Kloramfenikol* (Kontrol Positif)

Kloramfenikol digunakan sebagai kontrol positif dalam penelitian ini. Kontrol positif berperan sebagai pembanding untuk mengevaluasi diameter hambat ekstrak daun bandotan (*Ageratum conyzoides L*) terhadap bakteri uji. *Kloramfenikol* merupakan antibiotik spektrum luas yang efektif melawan beberapa jenis bakteri Gram positif dan Gram negatif, baik dalam lingkungan aerob maupun anaerob (Nurhayat dkk, 2020).

Mekanisme kerja *kloramfenikol* melibatkan struktur D(-) treo-isomer sebagai agen antibakteri yang menghambat pembentukan rantai ikatan peptida, sehingga menyebabkan gangguan pada proses sintesis protein. *Kloramfenikol* bersifat bakteriostatik, yang berarti ia menghentikan pertumbuhan mikroorganisme. Pada kadar toksisitas yang tinggi, *kloramfenikol* dapat bersifat bakterisidal (Nurhayat dkk, 2020). Interpretasi zona hambat *kloramfenikol* berdasarkan tabel CLSI untuk kelompok *viridans* yaitu, resisten jika zona hambat ≤ 17 mm, intermediet jika zona hambat 18-20 mm, dan sensitif jika zona hambat ≥ 21 mm (CLSI, 2021).