

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Karies Gigi



Gambar 1 Karies Gigi

1. Defenisi Karies Gigi

Karies gigi merupakan penyakit kronis dan bersifat infeksius yang ditandai dengan terjadinya kerusakan progresif jaringan keras gigi akibat proses demineralisasi yang dipicu oleh asam hasil metabolisme bakteri dalam biofilm plak gigi (Afiati *et al.*, 2022). Proses karies tidak terjadi secara tiba-tiba, melainkan berlangsung secara bertahap dimulai dari permukaan enamel, kemudian meluas ke dentin, dan pada kondisi lanjut dapat mencapai jaringan pulpa sehingga menimbulkan nyeri dan komplikasi infeksi (Afiati *et al.*, 2022). Karies dipandang sebagai penyakit multifaktorial karena kejadiannya dipengaruhi oleh interaksi antara mikroorganisme kariogenik, substrat makanan, kondisi host, serta faktor lingkungan dalam jangka waktu tertentu.

Dalam perspektif mikrobiologi oral, *Streptococcus mutans* diakui sebagai bakteri utama yang berperan dalam inisiasi karies gigi karena kemampuannya berkolonisasi pada permukaan gigi, memproduksi asam dari fermentasi karbohidrat, serta bertahan hidup pada kondisi lingkungan dengan pH rendah (Gunawan, Bachtiar & Rizal, 2025). Oleh karena itu, keberadaan dan aktivitas *Streptococcus mutans* menjadi indikator penting dalam memahami proses terjadinya karies gigi dan dasar pengembangan strategi pencegahan maupun terapi.

2. Epidemiologi Karies Gigi di Indonesia dan Global

Karies gigi masih menjadi masalah kesehatan gigi dan mulut dengan prevalensi tinggi baik di tingkat global maupun nasional. Organisasi Kesehatan Dunia melaporkan bahwa karies gigi dialami oleh sebagian besar populasi dunia,

terutama pada anak-anak dan remaja, dengan angka prevalensi mencapai 60 hingga 90 persen pada kelompok usia tertentu (WHO dalam Afiati *et al.*, 2022). Tingginya prevalensi ini menunjukkan bahwa karies gigi merupakan penyakit yang bersifat universal dan belum sepenuhnya dapat dikendalikan meskipun berbagai upaya promotif dan preventif telah dilakukan.

Di Indonesia, karies gigi termasuk dalam masalah kesehatan gigi dan mulut yang paling banyak ditemukan. Data Survei Kesehatan Indonesia tahun 2023 menunjukkan bahwa lebih dari delapan puluh persen penduduk mengalami masalah kesehatan gigi dan mulut, dengan karies sebagai kondisi yang paling dominan (SKI, 2023). Penelitian pada kelompok anak usia dini dan usia sekolah juga menunjukkan prevalensi karies yang masih tinggi, disertai dengan indeks kerusakan gigi yang menunjukkan kebutuhan perawatan yang besar (Idaryati *et al.*, 2025). Kondisi ini mengindikasikan bahwa karies gigi masih menjadi beban kesehatan masyarakat yang signifikan dan memerlukan pendekatan preventif yang lebih efektif, termasuk pengendalian bakteri kariogenik.

3. Patogenesis Karies Gigi

Patogenesis karies gigi merupakan proses biologis yang kompleks dan melibatkan interaksi dinamis antara mikroorganisme, substrat makanan, host, dan faktor waktu. Proses ini diawali dengan pembentukan biofilm plak gigi yang mengandung bakteri kariogenik, terutama *Streptococcus mutans*, pada permukaan gigi (Gunawan, Bachtiar & Rizal, 2025). Bakteri tersebut memiliki kemampuan adhesi yang kuat terhadap enamel melalui produksi polisakarida ekstraseluler dari sukrosa, sehingga memungkinkan kolonisasi dan akumulasi bakteri dalam jumlah besar.

Setelah terbentuknya biofilm, *Streptococcus mutans* memetabolisme karbohidrat fermentabel menjadi asam organik, seperti asam laktat, yang menyebabkan penurunan pH lingkungan di sekitar permukaan gigi. Kondisi asam ini mengakibatkan terjadinya demineralisasi enamel secara berulang apabila tidak diimbangi dengan proses remineralisasi yang adekuat (Gunawan, Bachtiar & Rizal, 2025). Apabila proses demineralisasi berlangsung terus-menerus, struktur enamel akan melemah dan berkembang menjadi lesi karies yang bersifat irreversible. Dalam perkembangan ilmu terkini, karies tidak lagi dipandang sebagai akibat satu

jenis bakteri, melainkan sebagai hasil ketidakseimbangan ekosistem mikrobioma oral yang mendukung dominasi bakteri penghasil asam.

4. Faktor Risiko Karies Gigi

Karies gigi merupakan penyakit multifaktorial yang dipengaruhi oleh berbagai faktor risiko yang saling berinteraksi. Faktor host berperan penting dalam menentukan kerentanan individu terhadap karies, terutama melalui kondisi struktur enamel dan fungsi saliva. Enamel yang tipis atau mengalami hipomineralisasi lebih rentan terhadap proses demineralisasi, sementara saliva berfungsi sebagai sistem pertahanan alami melalui efek buffer, pembersihan mekanik, serta penyediaan mineral untuk remineralisasi. Penurunan kuantitas atau kualitas saliva dapat meningkatkan risiko terjadinya karies.

Selain faktor host, faktor agen berupa mikroorganisme kariogenik juga memiliki peran sentral. *Streptococcus mutans* dikenal sebagai bakteri dengan virulensi tinggi karena sifat acidogenic dan aciduric yang dimilikinya, sehingga mampu mempertahankan aktivitas metabolik dalam lingkungan asam dan mempercepat proses kerusakan jaringan gigi (Gunawan, Bachtiar & Rizal, 2025). Namun demikian, keberadaan bakteri lain dalam komunitas plak juga berkontribusi terhadap progresivitas karies melalui interaksi mikrobiologis yang kompleks.

Faktor lingkungan dan perilaku turut memengaruhi kejadian karies, terutama pola konsumsi makanan tinggi gula dan kebiasaan kebersihan mulut. Frekuensi konsumsi karbohidrat fermentabel yang tinggi menyediakan substrat berkelanjutan bagi bakteri untuk menghasilkan asam, sementara kebiasaan menyikat gigi yang tidak optimal mempercepat akumulasi plak kariogenik. Interaksi antara faktor-faktor tersebut menentukan tingkat risiko dan kecepatan perkembangan karies pada individu.

5. Dampak Kesehatan Karies Gigi

Karies gigi memberikan dampak yang luas terhadap kesehatan individu, baik secara klinis, fungsional, maupun psikososial. Secara klinis, karies yang tidak ditangani dapat menimbulkan nyeri gigi, infeksi pulpa, abses dentoalveolar, hingga kehilangan gigi permanen. Kondisi ini tidak hanya menurunkan fungsi pengunyahan, tetapi juga meningkatkan risiko penyebaran infeksi ke jaringan sekitarnya.

Dari aspek fungsional, nyeri dan ketidaknyamanan akibat karies dapat mengganggu asupan makanan dan status gizi, terutama pada anak-anak. Selain itu, karies gigi berdampak pada kualitas hidup karena dapat mengganggu aktivitas sehari-hari, kepercayaan diri, serta interaksi sosial. Dalam konteks kesehatan masyarakat, tingginya angka karies juga menimbulkan beban ekonomi akibat meningkatnya kebutuhan perawatan dan biaya kesehatan.

B. *Streptococcus mutans*



Gambar 2 *Streptococcus mutans*

1. Klasifikasi dan Morfologi *Streptococcus mutans*

Streptococcus mutans merupakan bakteri Gram positif yang termasuk ke dalam genus *Streptococcus*, famili *Streptococcaceae*, dan kelompok *viridans streptococci* yang bersifat non-hemolitik atau alfa-hemolitik (Gunawan, Bachtiar & Rizal, 2021). Secara morfologis, *Streptococcus mutans* berbentuk kokus dengan susunan berantai pendek, tidak berspora, dan bersifat fakultatif anaerob. Karakteristik ini memungkinkan bakteri bertahan hidup baik pada kondisi aerob maupun anaerob yang lazim ditemukan di rongga mulut manusia.

Dari sudut pandang mikrobiologi klinis, *Streptococcus mutans* memiliki dinding sel tebal yang kaya peptidoglikan, sehingga berkontribusi terhadap ketahanannya terhadap tekanan lingkungan serta perannya sebagai bakteri kariogenik utama (Putra & Adiningrat, 2022). Sifat Gram positif tersebut juga berkaitan dengan kemampuan bakteri dalam berinteraksi dengan permukaan enamel gigi dan membentuk koloni yang stabil dalam biofilm plak.

2. Habitat dan Kolonisasi *Streptococcus mutans* di Rongga Mulut

Habitat utama *Streptococcus mutans* adalah rongga mulut manusia, khususnya pada permukaan gigi, celah interdental, dan area yang terlindung dari pembersihan mekanik seperti fissure dan sulkus gingiva (Sholekhah, 2023). Bakteri ini mulai mengkolonisasi rongga mulut sejak usia dini, terutama setelah erupsi gigi pertama, dan jumlahnya meningkat seiring dengan paparan sukrosa serta kebersihan mulut yang kurang optimal.

Kolonisasi *Streptococcus mutans* dipengaruhi oleh kemampuan adhesinya terhadap enamel gigi melalui interaksi protein permukaan bakteri dengan pelikel saliva. Proses ini memungkinkan bakteri menempel kuat dan membentuk koloni yang stabil dalam plak gigi (Gunawan, Bachtiar & Rizal, 2021). Dalam konteks epidemiologi karies, tingginya kolonisasi *Streptococcus mutans* dalam rongga mulut secara signifikan berkorelasi dengan peningkatan risiko dan keparahan karies gigi, sehingga bakteri ini sering digunakan sebagai indikator mikrobiologis dalam penelitian karies.

3. Mekanisme Peran *Streptococcus mutans* dalam Terjadinya Karies Gigi

Peran *Streptococcus mutans* dalam patogenesis karies gigi berkaitan erat dengan tiga mekanisme utama, yaitu produksi asam, pembentukan biofilm, dan kemampuan adhesi terhadap permukaan gigi. Bakteri ini bersifat sangat acidogenic karena mampu memfermentasi karbohidrat, terutama sukrosa, menjadi asam organik seperti asam laktat yang menurunkan pH lingkungan di sekitar enamel gigi (Putra & Adiningrat, 2022).

Selain menghasilkan asam, *Streptococcus mutans* juga bersifat aciduric, yaitu mampu bertahan hidup dan tetap aktif pada kondisi pH rendah yang bersifat merugikan bagi sebagian besar mikroorganisme lain. Kondisi ini menciptakan lingkungan selektif yang mendukung dominasi bakteri kariogenik dan mempercepat proses demineralisasi enamel (Gunawan, Bachtiar & Rizal, 2021).

Pembentukan biofilm plak gigi merupakan mekanisme penting lainnya. *Streptococcus mutans* memproduksi enzim glukosiltransferase yang mengubah sukrosa menjadi polisakarida ekstraseluler lengket, sehingga memperkuat struktur biofilm dan melindungi bakteri dari faktor pertahanan host (Sholekhah, 2023). Kombinasi antara produksi asam, ketahanan terhadap lingkungan asam, dan biofilm

yang stabil menjadikan *Streptococcus mutans* sebagai determinan utama dalam inisiasi dan progresivitas karies gigi.

4. Kebutuhan Nutrisi dan Kondisi Tumbuh *Streptococcus mutans*

Pertumbuhan *Streptococcus mutans* sangat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi dan kondisi lingkungan yang mendukung. Bakteri ini memerlukan karbohidrat fermentabel, khususnya sukrosa, glukosa, dan fruktosa, sebagai sumber energi utama untuk metabolisme dan produksi asam (Putra & Adiningrat, 2022). Tingginya frekuensi konsumsi makanan manis secara langsung meningkatkan aktivitas metabolik *Streptococcus mutans* dan mempercepat pembentukan biofilm kariogenik.

Dari aspek kondisi tumbuh, *Streptococcus mutans* berkembang optimal pada suhu mendekati suhu tubuh manusia (sekitar 37°C) dan mampu bertahan pada rentang pH asam. Kemampuan adaptasi terhadap lingkungan asam inilah yang membedakan *Streptococcus mutans* dari bakteri oral lainnya dan menjadikannya lebih dominan pada individu dengan kebiasaan konsumsi gula tinggi dan kebersihan mulut yang buruk (Gunawan, Bachtiar & Rizal, 2021). Oleh karena itu, kondisi nutrisi dan lingkungan rongga mulut merupakan faktor penting yang memediasi hubungan antara keberadaan *Streptococcus mutans* dan kejadian karies gigi.

C. Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*)



Gambar 3 Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*)

1. Taksonomi dan Morfologi *Moringa oleifera*

Moringa oleifera merupakan tanaman obat tropis yang banyak dibudidayakan di Indonesia dan dikenal sebagai sumber bahan alam yang kaya

senyawa bioaktif. Secara botani, tanaman ini termasuk kelompok tumbuhan berkayu cepat tumbuh dengan adaptasi ekologis yang luas terhadap iklim tropis dan semi kering, sehingga mudah dikembangkan sebagai bahan baku farmasi dan fitofarmaka (Sudirman *et al.*, 2025). Karakteristik morfologi tersebut menjadikan kelor sebagai tanaman yang berpotensi tinggi dalam produksi biomassa daun yang konsisten sepanjang tahun, yang penting dalam penelitian eksperimental berbasis bahan alam.

Daun *Moringa oleifera* memiliki bentuk majemuk menyirip dengan helaian daun berukuran kecil, berwarna hijau muda hingga hijau tua, serta memiliki permukaan luas yang mendukung akumulasi metabolit sekunder. Struktur anatomi daun yang relatif tipis dan kaya jaringan parenkim memungkinkan sintesis serta penyimpanan senyawa fenolik dan flavonoid dalam jumlah signifikan, yang berperan langsung dalam aktivitas biologis tanaman ini, khususnya sebagai antibakteri dan antioksidan (Sudirman *et al.*, 2025).

2. Bagian Tanaman dan Pemanfaatannya

Pemanfaatan *Moringa oleifera* dalam bidang kesehatan terutama berfokus pada bagian daun, yang secara empiris dan ilmiah telah banyak digunakan sebagai bahan obat tradisional, suplemen herbal, dan sediaan farmasi sederhana. Daun kelor dimanfaatkan karena kandungan fitokimianya yang relatif stabil serta mudah diekstraksi menggunakan pelarut polar seperti etanol, sehingga sesuai untuk penelitian uji aktivitas biologis secara laboratorik (Islamiyati *et al.*, 2023).

Selain daun, bagian tanaman lain seperti biji dan kulit batang juga dilaporkan memiliki potensi biologis, namun penggunaannya lebih terbatas karena variasi kandungan senyawa aktif dan potensi toksisitasnya. Oleh karena itu, dalam penelitian farmasi berbasis uji antibakteri, daun kelor dipilih sebagai variabel independen utama karena memiliki keamanan relatif tinggi, ketersediaan luas, serta konsistensi kandungan metabolit sekunder yang relevan terhadap aktivitas antibakteri (Yunita *et al.*, 2024).

3. Kandungan Fitokimia Daun Kelor

Daun *Moringa oleifera* diketahui mengandung berbagai metabolit sekunder penting, antara lain flavonoid, alkaloid, fenolik, tanin, dan saponin, yang secara ilmiah berperan dalam mekanisme penghambatan mikroorganisme patogen. Hasil

uji fitokimia pada ekstrak etanol daun kelor menunjukkan keberadaan flavonoid dan senyawa fenolik sebagai komponen dominan yang berkorelasi dengan aktivitas biologisnya (Sudirman *et al.*, 2025).

Flavonoid dalam daun kelor berperan sebagai agen antibakteri melalui mekanisme penghambatan enzim sel bakteri dan gangguan fungsi membran sel. Sementara itu, tanin dan saponin bekerja dengan cara mengendapkan protein dinding sel bakteri dan meningkatkan permeabilitas membran, yang menyebabkan kebocoran komponen intraseluler bakteri (Santi dan Candra, 2025). Kombinasi berbagai senyawa fitokimia ini menjadikan ekstrak daun kelor memiliki spektrum aktivitas antibakteri yang luas dan potensial untuk dikaji lebih lanjut terhadap bakteri kariogenik seperti *Streptococcus mutans*.

4. Aktivitas Biologis *Moringa oleifera*

Berbagai penelitian nasional melaporkan bahwa ekstrak daun *Moringa oleifera* memiliki aktivitas biologis utama berupa antioksidan, antibakteri, dan antiinflamasi. Aktivitas antibakteri ekstrak daun kelor telah dibuktikan melalui metode difusi dan dilusi terhadap bakteri patogen, yang menunjukkan terbentuknya zona hambat sebagai indikator kemampuan ekstrak dalam menghambat pertumbuhan mikroba (Islamiyati *et al.*, 2023).

Penelitian lain menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor efektif menghambat bakteri Gram negatif seperti *Pseudomonas aeruginosa*, yang mengindikasikan bahwa senyawa aktif di dalam daun kelor memiliki kemampuan menembus dinding sel bakteri dengan struktur kompleks (Yunita *et al.*, 2024). Meskipun *Streptococcus mutans* merupakan bakteri Gram positif, mekanisme dasar antibakteri senyawa fitokimia daun kelor tetap relevan karena melibatkan gangguan integritas membran dan inaktivasi protein seluler bakteri.

Selain antibakteri, aktivitas antioksidan ekstrak daun kelor juga berkontribusi dalam menekan stres oksidatif yang berperan dalam proses inflamasi jaringan. Hal ini memperkuat dasar teoritis bahwa daun kelor berpotensi digunakan sebagai bahan aktif alami dalam pencegahan penyakit berbasis infeksi dan inflamasi, termasuk karies gigi yang melibatkan aktivitas bakteri dan respon inflamasi jaringan keras gigi (Sudirman *et al.*, 2025).

D. Uji Aktivitas Antibakteri

1. Definisi Uji Aktivitas Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri merupakan metode mikrobiologi *in vitro* yang digunakan untuk menilai kemampuan suatu senyawa atau ekstrak bahan alam dalam menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri uji tertentu. Dalam penelitian farmasi berbasis bahan alam, uji ini berfungsi sebagai dasar ilmiah untuk mengevaluasi potensi antibakteri ekstrak tanaman terhadap mikroorganisme patogen, termasuk bakteri penyebab karies gigi seperti *Streptococcus mutans* (Sinaga *et al.*, 2025). Prinsip dasar uji antibakteri adalah terjadinya interaksi antara senyawa aktif dalam sampel dengan sel bakteri yang mengakibatkan gangguan metabolisme, kerusakan struktur sel, atau penghambatan sintesis komponen esensial bakteri.

Dalam konteks penelitian kuantitatif, uji antibakteri menghasilkan data numerik berupa ukuran zona hambat atau nilai konsentrasi hambat minimum yang dapat dianalisis secara deskriptif maupun komparatif. Oleh karena itu, uji aktivitas antibakteri tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga berperan sebagai alat ukur variabel dependen dalam penelitian eksperimental laboratorium (Sinaga *et al.*, 2025).

2. Metode Difusi Cakram (Kirby–Bauer)

Metode difusi cakram atau metode Kirby–Bauer merupakan salah satu teknik uji antibakteri yang paling banyak digunakan dalam penelitian laboratorium karena prosedurnya sederhana, ekonomis, dan mudah direplikasi. Metode ini dilakukan dengan menempatkan cakram kertas steril yang telah mengandung sampel uji di atas permukaan media agar yang telah diinokulasi bakteri secara merata, kemudian diinkubasi pada suhu tertentu untuk memungkinkan difusi senyawa antibakteri ke dalam media (Sinaga *et al.*, 2025).

Zona hambat yang terbentuk di sekitar cakram mencerminkan kemampuan senyawa antibakteri dalam menekan pertumbuhan bakteri. Metode ini sangat sesuai digunakan dalam penelitian bahan alam karena dapat membandingkan aktivitas antibakteri antar konsentrasi ekstrak serta dengan kontrol positif antibiotik standar. Dalam penelitian terhadap *Streptococcus mutans*, metode difusi cakram

memberikan gambaran awal efektivitas ekstrak tanaman sebagai agen antibakteri potensial (Emelda *et al.*, 2021).

3. Zona Hambat sebagai Indikator Aktivitas Antibakteri

Zona hambat merupakan area bening di sekitar cakram atau sumuran yang menunjukkan tidak adanya pertumbuhan bakteri akibat aktivitas senyawa antibakteri. Terbentuknya zona hambat menandakan bahwa konsentrasi senyawa aktif yang berdifusi ke dalam media telah mencapai tingkat yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri uji (Sinaga *et al.*, 2025). Oleh karena itu, ukuran zona hambat sering digunakan sebagai indikator kuantitatif utama dalam uji antibakteri metode difusi.

Besarnya zona hambat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain konsentrasi senyawa aktif, kemampuan difusi senyawa dalam media agar, serta sensitivitas bakteri terhadap senyawa tersebut. Dalam penelitian bahan alam, zona hambat sering digunakan sebagai parameter pembandingan antar konsentrasi ekstrak dan terhadap antibiotik standar sebagai kontrol positif (Emelda *et al.*, 2021).

4. Kontrol Positif dan Kontrol Negatif

Penggunaan kontrol positif dan kontrol negatif merupakan komponen penting dalam uji antibakteri untuk menjamin validitas hasil penelitian. Kontrol positif berupa antibiotik standar seperti kloramfenikol atau ampicilin digunakan untuk memastikan bahwa bakteri uji berada dalam kondisi sensitif dan metode uji berjalan dengan baik (Sinaga *et al.*, 2025). Zona hambat yang dihasilkan oleh kontrol positif menjadi acuan pembandingan terhadap aktivitas antibakteri ekstrak yang diuji.

Kontrol negatif biasanya berupa pelarut yang digunakan untuk melarutkan ekstrak, seperti aquadest atau DMSO, yang secara teoritis tidak memiliki aktivitas antibakteri. Tidak terbentuknya zona hambat pada kontrol negatif menunjukkan bahwa efek hambatan pertumbuhan bakteri yang teramati berasal dari senyawa aktif dalam ekstrak, bukan dari pelarut atau faktor lain (Emelda *et al.*, 2021).

5. Interpretasi Zona Hambat

Interpretasi hasil uji antibakteri dilakukan dengan mengkategorikan ukuran zona hambat ke dalam tingkat sensitivitas bakteri terhadap senyawa uji. Secara umum, bakteri diklasifikasikan sebagai sensitif, intermediat, atau resisten

berdasarkan rentang diameter zona hambat yang diperoleh. Dalam penelitian bahan alam, interpretasi ini sering disesuaikan dengan literatur dan hasil kontrol positif karena belum semua ekstrak tanaman memiliki standar baku internasional (Sinaga *et al.*, 2025).

Zona hambat yang besar menunjukkan bahwa bakteri sangat sensitif terhadap senyawa uji, sedangkan zona hambat kecil atau tidak terbentuk menunjukkan bahwa bakteri bersifat resisten atau aktivitas antibakteri senyawa tersebut lemah. Interpretasi ini menjadi dasar dalam menarik kesimpulan kuantitatif mengenai efektivitas ekstrak tanaman sebagai agen antibakteri (Emelda *et al.*, 2021).

E. Ekstraksi Tanaman Obat

1. Definisi Ekstraksi

Ekstraksi merupakan proses pemisahan dan penarikan senyawa kimia aktif dari bahan alam, khususnya tanaman obat, menggunakan pelarut tertentu berdasarkan prinsip perbedaan kelarutan. Dalam bidang farmasi, ekstraksi bertujuan memperoleh ekstrak kasar yang mengandung metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, dan senyawa fenolik lain yang berpotensi memberikan aktivitas biologis, termasuk aktivitas antibakteri (Ningsih *et al.*, 2025). Proses ini melibatkan perpindahan senyawa dari matriks padat simplisia ke dalam fase cair pelarut melalui mekanisme difusi dan osmosis, yang dipengaruhi oleh sifat fisikokimia pelarut dan bahan tanaman.

Dalam penelitian kuantitatif berbasis laboratorium, ekstraksi memiliki peran strategis karena menentukan kualitas dan kuantitas senyawa bioaktif yang akan diuji lebih lanjut. Ekstrak yang dihasilkan dari proses ekstraksi yang tepat diharapkan mengandung konsentrasi senyawa aktif yang optimal sehingga mampu menunjukkan aktivitas biologis secara terukur. Oleh karena itu, ekstraksi diposisikan sebagai tahapan awal yang menentukan keberhasilan uji lanjutan, termasuk uji aktivitas antibakteri terhadap *Streptococcus mutans*.

2. Metode Ekstraksi Berdasarkan Polaritas Pelarut

Pemilihan metode ekstraksi tanaman obat sangat berkaitan erat dengan polaritas pelarut yang digunakan, karena polaritas menentukan kemampuan pelarut dalam melarutkan senyawa target. Senyawa fitokimia yang bersifat polar, seperti

tanin dan flavonoid, lebih mudah diekstraksi menggunakan pelarut polar atau semi-polar, sedangkan senyawa non-polar cenderung larut dalam pelarut non-polar seperti n-heksana (Ningsih *et al.*, 2025). Dengan demikian, kesesuaian antara sifat kimia pelarut dan senyawa target menjadi faktor utama dalam keberhasilan proses ekstraksi.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa perbedaan polaritas pelarut dan teknik ekstraksi berpengaruh signifikan terhadap rendemen ekstrak, kandungan fitokimia, serta aktivitas biologis yang dihasilkan. Perbandingan metode maserasi dan sokletasi menggunakan pelarut etanol menunjukkan adanya variasi kandungan senyawa aktif dan efektivitas antibakteri, yang menegaskan bahwa metode ekstraksi bukan hanya bersifat teknis, tetapi juga menentukan potensi farmakologis ekstrak (Purwanti, 2025).

3. Alasan Pemilihan Etanol sebagai Pelarut

Etanol merupakan pelarut yang banyak digunakan dalam ekstraksi tanaman obat karena memiliki keunggulan ilmiah dan praktis. Secara kimia, etanol memiliki polaritas sedang hingga tinggi sehingga mampu mengekstraksi berbagai senyawa bioaktif yang bersifat polar dan semi-polar, seperti flavonoid, tanin, alkaloid, dan saponin. Kemampuan ini menjadikan etanol sebagai pelarut yang bersifat universal dibandingkan pelarut lain yang hanya mengekstraksi kelompok senyawa tertentu (Safitri Maria Ulfa *et al.*, 2023).

Selain itu, etanol relatif aman secara toksikologis dan dapat diterima dalam pengembangan produk farmasi dan kesehatan. Pelarut ini mudah diuapkan kembali sehingga residu pelarut dalam ekstrak dapat diminimalkan. Dari sisi teknis, etanol memiliki kemampuan penetrasi yang baik ke dalam jaringan tanaman sehingga meningkatkan efisiensi ekstraksi senyawa bioaktif (Ningsih *et al.*, 2025).

4. Prinsip Maserasi

Maserasi merupakan metode ekstraksi sederhana yang dilakukan dengan merendam simplisia dalam pelarut pada suhu kamar selama waktu tertentu. Proses ini memungkinkan senyawa aktif berdifusi secara pasif ke dalam pelarut, sehingga metode ini cocok untuk senyawa yang mudah larut dan sensitif terhadap panas. Maserasi banyak digunakan karena mudah dilakukan, tidak memerlukan peralatan kompleks, dan meminimalkan degradasi senyawa termolabil (Ningsih *et al.*, 2025).

F. Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi potensi antibakteri daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap bakteri oral, khususnya *Streptococcus mutans* yang berperan utama dalam etiologi karies gigi. Penelitian-penelitian ini secara umum menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor memiliki aktivitas antibakteri yang nyata, meskipun dengan pendekatan metodologis, fokus variabel, dan kedalaman analisis yang berbeda-beda.

Penelitian oleh Muharraran, Erawati, dan Dalimunthe (2023) merupakan salah satu studi awal yang secara eksplisit menguji efektivitas ekstrak daun kelor terhadap *Streptococcus mutans* secara *in vitro*. Studi ini menggunakan desain eksperimental laboratorium dengan variasi konsentrasi ekstrak dan membandingkan respons antibakteri terhadap dua bakteri oral, yaitu *Streptococcus mutans* dan *Enterococcus faecalis*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor mampu menghasilkan zona hambat yang meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak, menandakan adanya hubungan dosis-respons. Temuan ini menguatkan bukti bahwa daun kelor mengandung senyawa bioaktif yang berpotensi menghambat pertumbuhan bakteri kariogenik. Namun demikian, penelitian ini masih berfokus pada pengukuran zona hambat sebagai indikator tunggal dan belum mengeksplorasi mekanisme antibakteri yang lebih spesifik, seperti pengaruh terhadap pembentukan biofilm *Streptococcus mutans*.

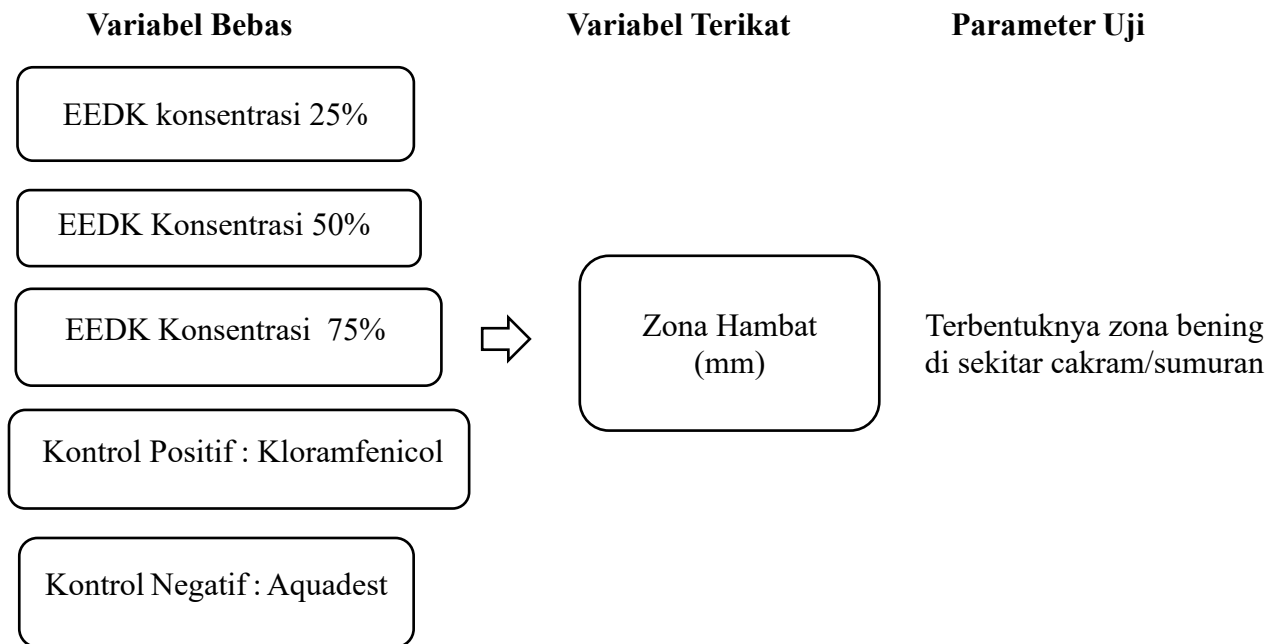
Pendekatan yang lebih aplikatif dilakukan oleh Parmanantha *et al.* (2025) melalui pengembangan formulasi obat kumur berbasis ekstrak daun kelor yang dikombinasikan dengan kalsium karbonat dari kulit telur. Penelitian ini tidak hanya menguji aktivitas antibakteri ekstrak kelor terhadap *Streptococcus mutans*, tetapi juga menempatkannya dalam konteks pengembangan produk kesehatan oral. Hasil uji difusi sumuran menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri baru tampak signifikan pada konsentrasi ekstrak tertentu ($\geq 10\%$), yang mengindikasikan adanya ambang konsentrasi minimal agar ekstrak efektif menghambat bakteri. Meskipun penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam aspek formulasi dan aplikasi praktis, fokusnya lebih pada karakteristik sediaan dan belum menekankan analisis kuantitatif mendalam seperti penentuan nilai MIC atau perbandingan statistik yang kuat dengan kontrol positif standar.

Sementara itu, penelitian oleh Soraya *et al.* (2022) menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif dengan mengkaji aktivitas antibakteri ekstrak *Moringa oleifera* tidak hanya terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*, tetapi juga terhadap pembentukan biofilm dan potensi sitotoksitas. Studi ini menunjukkan bahwa ekstrak kelor dalam bentuk gel mampu menurunkan pertumbuhan dan pembentukan biofilm *Streptococcus mutans* secara signifikan, serta relatif aman terhadap sel inang pada konsentrasi tertentu. Pendekatan ini memperkaya pemahaman mengenai potensi mekanistik ekstrak kelor dalam konteks pencegahan karies. Namun, penelitian ini belum secara rinci mengaitkan konsentrasi ekstrak dengan parameter kuantitatif seperti nilai MIC atau MBC, sehingga interpretasi efektivitasnya masih bersifat relatif.

Secara keseluruhan, ketiga penelitian tersebut memiliki kesamaan dalam menempatkan daun kelor sebagai sumber senyawa antibakteri alami dan menggunakan pendekatan uji *in vitro* terhadap *Streptococcus mutans*. Perbedaannya terletak pada tujuan penelitian, bentuk sediaan yang diuji (ekstrak murni, mouthwash, dan gel), serta kedalaman analisis terhadap mekanisme antibakteri dan parameter kuantitatif. Kesenjangan utama yang masih terlihat adalah keterbatasan penelitian yang secara sistematis mengaitkan metode ekstraksi, konsentrasi ekstrak, kandungan fitokimia, dan respons antibakteri kuantitatif dalam satu rancangan penelitian yang terintegrasi.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini memiliki kontribusi untuk melengkapi literatur dengan menguji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun kelor terhadap *Streptococcus mutans* secara kuantitatif menggunakan metode standar, dilengkapi kontrol positif yang sesuai, serta mengaitkannya dengan dasar teori mekanisme antibakteri senyawa fitokimia. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu memberikan dasar ilmiah yang lebih kuat bagi pengembangan bahan herbal sebagai agen pencegah karies gigi.

G. Kerangka Konsep



Gambar 4 Kerangka Konsep

Keterangan : Ekstrak Etanol Daun Kelor (*Moringa oleifera*)

H. Defenisi Operasional

Tabel 1 Defenisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Parameter Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur
Ekstrak etanol daun kelor (<i>Moringa oleifera</i> Lam.)	Sediaan ekstrak yang diperoleh dari daun kelor yang diekstraksi menggunakan pelarut etanol, kemudian diberikan pada bakteri uji <i>Streptococcus mutans</i> dengan variasi konsentrasi tertentu untuk mengetahui efek antibakterinya	Konsentrasi ekstrak etanol daun kelor yang digunakan dalam pengujian (misalnya 25%, 50%, 75%, dan 100%)	Timbangan analitik, gelas ukur, pipet volume	Konsentrasi ekstrak (persen atau mg/mL)
Hambatan pertumbuhan bakteri <i>Streptococcus mutans</i>	Tingkat terhambatnya pertumbuhan bakteri <i>Streptococcus mutans</i> setelah pemberian ekstrak etanol daun kelor yang ditunjukkan oleh terbentuknya zona bening pada media agar	Diameter zona hambat di sekitar cakram atau sumuran	Jangka sorong atau penggaris milimeter	Diameter zona hambat (mm)

Zona hambat antibakteri	Area bening pada media agar di sekitar cakram atau sumuran yang menunjukkan tidak terjadinya pertumbuhan bakteri akibat aktivitas antibakteri ekstrak	Terbentuk atau tidaknya zona bening serta ukuran diameter zona bening	Jangka sorong	Ada atau tidak ada zona hambat dan besar zona hambat (mm)
-------------------------	---	---	---------------	---

I. Hipotesis Penelitian

1. Hipotesis Alternatif (H_a)

Ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Streptococcus mutans* yang ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambat pertumbuhan bakteri pada uji aktivitas antibakteri secara *in vitro*.

2. Hipotesis Nol (H_0)

Ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) tidak memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Streptococcus mutans* yang ditunjukkan dengan tidak terbentuknya zona hambat pertumbuhan bakteri pada uji aktivitas antibakteri secara *in vitro*.