

**UJI DAYA HAMBAT EKSTRAK AIR DAUN MANGGA (*Mangifera indica*
L. var. *manalagi*) DENGAN VARIASI KONSENTRASI TERHADAP
BAKTERI *Streptococcus* sp. PENYEBAB KARIES GIGI**

SKRIPSI

**Oleh :
NUR FADHILATUSH SHOFIYAH
NIM. 19620028**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2026**

**UJI DAYA HAMBAT EKSTRAK AIR DAUN MANGGA (*Mangifera indica*
L. var. *manalagi*) DENGAN VARIASI KONSENTRASI TERHADAP
BAKTERI *Streptococcus* sp. PENYEBAB KARIES GIGI**

SKRIPSI

**Oleh :
NUR FADHILATUSH SHOFIYAH
NIM. 19620028**

**Diajukan kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam
memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Nur Fadhilatush Shofiyah
NIM : 19620028
Program Studi : Biologi
Judul Skripsi : UJI DAYA HAMBAT ESKTRAK AIR DAUN
MANGGA MANALAGI (*Mangifera indica* L. var.
manalagi) DENGAN VARIASI KONSENTRASI
TERHADAP BAKTERI *Streptococcus* sp.
PENYEBAB KARIES GIGI

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 23 Juni 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. Dr. Retno Susilowati, M.Si
NIP. 19671113 199402 2 001

Pembimbing II : Prof. Dr. H. Munirul Abidin, M.Ag.
NIP. 19720420 200212 1 003

Tim Penguji : Fitriyah, M.Si.
NIP. 19860725 201903 2 013

Dr. Muhammad Saefi, M.Pd.
NIP. 19920101 202203 1 002

(*gmt*)

(*gmt*)

(*gmt*)

(*gmt*)



Ketua Program Studi Biologi

Prof. Dr. Retno Susilowati, M.Si
NIP. 19671113 199402 2 001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan nikmat yang telah mengiringi setiap langkah dalam menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam semoga tetap tercurah limpahkan kepada Rasulullah SAW, pemimpin umat yang senantiasa menunjukkan jalan menuju kebaikan. Sebagai bentuk penghormatan dan ungkapan terimakasih, skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Orang tua tercinta Akhmad Nurussalam, yang senantiasa memberikan kasih sayang, do'a, dan dukungan yang tidak pernah putus. Untuk Almh. Ibu saya Fatilah, doa dan amal jariyah in Syaa Allah akan terus mengalir, dan untuk Ibu sambung saya Numaningsih terimakasih sudah hadir bukan sebagai pengganti ibu, namun mengisi kekosongan yang hilang. Skripsi ini adalah salah satu bentuk kecil dari rasa terimakasih saya. Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan kepada kalian.
2. Kepada Mas Dayat, Mbak Nailah, Dek Runni, Mbah Hosni, ponakan-ponakan, serta semua keluarga yang selalu menajdi *support system*. Skripsi ini sebagai bentuk sayang dan cinta atas dukungan dan doa kalian semua.
3. Teman-teman angkatan 2019 yang sama-sama berjuang di ujung tombak dan teman-teman biologi 2022 yang banyak membantu dalam pemenuhan skripsi ini. Skirpsi ini sebagai bukti bahwa semua bisa menyelesaikan dan melewatinya hingga sampai di titik kelulusan yang menjadi tujuan bersama.
4. Kepada teman seangkatan saya Lutfi Handayani yang telah bersedia menjadi responden untuk sampel karies gigi yang digunakan sebagai bakteri uji dalam penelitian ini. Kepada Nadia dan Jamiah, juga teman-teman yang lain terkhusus di Lembaga Tinggi Pesantren Luhur. Skripsi ini sebagai bentuk terimakasih karena telah senantiasa mendukung, mendoakan, menemani, dan membantu disela kesibukan masing-masing, serta,menjadi keluarga penulis selama hidup di Kota Malang.

Malang, 29 Juni 2026

Nur Fadhilatush Shofiyah

MOTTO

“Patennang Bede Allah”

“Sesungguhnya beserta kesulitan itu, ada kemudahan.”

(QS. Al-Insyirah: 6)

“Jika sesuatu yang kamu senangi tidak terjadi, maka senangilah apa yang terjadi.”

“Ketika Allah menunda apa yang kamu inginkan, ketahuilah bahwa Dia menundanya untuk sesuatu yang lebih baik.”

(Ali bin Abi Thalib RA)

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nur Fadhilatush Shofiyah
NIM : 19620028
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Uji Daya Hambat Ekstrak Air Daun Mangga
(*Mangifera Indica* L. var. *manalagi*) dengan Variasi
Konsentrasi terhadap Bakteri *Streptococcus* sp.
Penyebab Karies Gigi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Malang, 29 Juni 2026

Yang membuat pernyataan,



Nur Fadhilatush Shofiyah
NIM. 19620028

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

**UJI DAYA HAMBAT EKSTRAK AIR DAUN MANGGA (*Mangifera indica*
L. var. *manalagi*) DENGAN VARIASI KONSENTRASI TERHADAP
BAKTERI *Streptococcus* sp. PENYEBAB KARIES GIGI**

Nur Fadhilatush Shofiyah, Retno Susilowati, Munirul Abidin

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri
Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Karies gigi masih menjadi masalah kesehatan yang umum di masyarakat dan dapat terjadi pada semua usia. Terbentuknya plak pada permukaan gigi menjadi awal mula dari karies gigi akibat aktivitas bakteri yang dapat memfermentasi karbohidrat sehingga lingkungan gigi menjadi asam. Dalam suatu waktu berpotensi tumbuhnya bakteri patogen lainnya dan menyebabkan demineralisasi gigi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi ekstrak air daun mangga manalagi (*Mangifera indica*) sebagai alternatif agen antibakteri alami dalam menghambat pertumbuhan bakteri penyebab karies. Metode difusi agar digunakan untuk mengukur zona hambat berdasarkan terbentuknya zona bening di sekitar sumuran setelah perlakuan yang dihasilkan oleh berbagai konsentrasi ekstrak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak air daun mangga mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, fenol, dan mangiferin. Isolat bakteri hasil identifikasi memiliki karakteristik koloni putih krem, berbentuk kokus berantai, Gram positif, katalase negatif, serta mampu memfermentasi karbohidrat menghasilkan asam tanpa pembentukan gas teridentifikasi bakteri genus *Streptococcus*. Uji aktivitas antibakteri menunjukkan rata-rata diameter zona hambat pada konsentrasi 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100% berturut-turut sebesar 6,79 mm; 1,84 mm; 0 mm; 0 mm; dan 8,75 mm. Kontrol positif klorheksidin menghasilkan zona hambat sebesar 9,32 mm, sedangkan kontrol negatif tidak menunjukkan zona hambat. Berdasarkan kategori daya hambat, konsentrasi 10% dan 100% termasuk sedang, konsentrasi 25% termasuk lemah, sedangkan konsentrasi 50% dan 75% tidak menunjukkan aktivitas antibakteri. Simpulan penelitian menunjukkan bahwa ekstrak air daun mangga manalagi memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri penyebab karies gigi, dengan aktivitas penghambatan terbaik pada konsentrasi 100%.

Kata Kunci: antibakteri, daun mangga (*Mangifera indica* L. var. *manalagi*), difusi sumuran, karies gigi, *Streptococcus* sp.

**THE INHIBITORY POWER TEST OF MANGO LEAF (*Mangifera indica*
L. var. manalagi) WATER EXTRACT WITH CONCENTRATION
VARIATIONS AGAINST *Streptococcus* sp. BACTERIA THAT CAUSE
DENTAL CARIES**

Nur Fadhilatush Shofiyah, Retno Susilowati, Munirul Abidin

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana
Malik Ibrahim Malang

ABSTRACT

Dental caries remains a common health problem in the community and can occur at any age. The formation of plaque on the tooth surface is the initial stage of dental caries due to the activity of bacteria, which can ferment carbohydrates, thereby making the dental environment acidic. Over time, this environment may support the growth of other pathogenic bacteria, leading to tooth demineralization. This study aims to evaluate the potential of manalagi mango leaf water extract (*Mangifera indica*) as a natural antibacterial agent to inhibit the growth of *Streptococcus* mutans. The agar diffusion method was used to measure inhibition zones based on the formation of clear zones around the wells following treatment with various concentrations of the extract. The results of the study showed that mango leaf water extract contains alkaloids, flavonoids, saponins, tannins, phenols, and mangiferin. The identified bacterial isolate had the following characteristics: a creamy white colony, coccus-shaped in chains, Gram-positive, catalase-negative, and capable of fermenting carbohydrates to produce acid without gas formation, thus identified as genus *Streptococcus*. The antibacterial activity test showed average inhibition zone diameters at concentrations of 10%, 25%, 50%, 75%, and 100% of 6.79 mm, 1.84 mm, 0 mm, 0 mm, and 8.75 mm, respectively. The chlorhexidine positive control produced an inhibition zone of 9.32 mm, while the negative control showed no inhibition zone. Based on the inhibition category, the 10% and 100% concentrations were classified as moderate, the 25% concentration as weak, while the 50% and 75% concentrations showed no antibacterial activity. The study concluded that water extract of manalagi mango leaves exhibits antibacterial activity against caries bacteria, with the best inhibitory activity observed at a 100% concentration.

Keywords: antibacterial, mango leaves (*Mangifera indica* L. var. manalagi), well diffusion, dental caries, *Streptococcus* sp.

اختبار التأثير المثبط لمستخلص أوراق المانجو (*Mangifera indica* L. var. *manalagi*) على بكتيريا *Streptococcus* sp. المسببة لتسوس الأسنان

نور فضلة الصفية، ريتنو سوسيلواتي، منيرول عابدين

قسم علم الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم
مالانج

المخلص

لا يزال تسوس الأسنان يمثل مشكلة صحية شائعة في المجتمع ويمكن أن يصيب جميع الأعمار. ويشكل تكوّن البلاك على سطح الأسنان بداية تسوس الأسنان نتيجة لنشاط بكتيريا التي يمكنها تخمير الكربوهيدرات مما يجعل بيئة الأسنان حمضية. ومع مرور الوقت، من المحتمل نمو بكتيريا ممرضة أخرى وتسبب إزالة المعادن من الأسنان. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم إمكانات مستخلص ماء أوراق المانجو (*Mangifera indica* L. var. *manalagi*) كعامل مضاد للجراثيم طبيعي بديل في تثبيط نمو بكتيريا. استخدمت طريقة الانتشار في الأجار لقياس منطقة التثبيط بناءً على تشكل منطقة شفافة حول البئر بعد المعالجة الناتجة عن تركيزات مختلفة من المستخلص. أظهرت نتائج الدراسة أن مستخلص أوراق المانجو المائي يحتوي على مركبات قلوية وفلافونويد وصابونين وتانين وفينول ومانجيفيرين. تتميز البكتيريا المعزولة التي تم تحديدها بوجود مستعمرات بيضاء كريمية اللون، على شكل كوكوس متسلسل، موجبة الجرام، سلبية الكاتالاز، وقادرة على تخمير الكربوهيدرات لإنتاج حمض دون تكوين غاز، مما أدى إلى تحديدها على أنها *Streptococcus* sp. أظهرت اختبارات النشاط المضاد للبكتيريا أن متوسط قطر منطقة التثبيط عند تركيزات 10% و 25% و 50% و 75% و 100% كان على التوالي 6,79 ملم؛ و 1,84 ملم؛ و 0 ملم؛ و 0 ملم؛ و 8,75 ملم. أنتجت المراقبة الإيجابية للكلورهيكسيدين منطقة تثبيط تبلغ 9,32 ملم، في حين لم تظهر المراقبة السلبية أي منطقة تثبيط. وبناءً على فئات قوة التثبيط، تعتبر التركيزات 10% و 100% متوسطة، والتركيز 25% ضعيفاً، في حين لم تظهر التركيزات 50% و 75% أي نشاط مضاد للجراثيم. تشير نتائج الدراسة إلى أن مستخلص أوراق المانجو المائي له نشاط مضاد للجراثيم ضد بكتيريا المسببة لتسوس الأسنان المسببة لتسوس الأسنان، مع أفضل نشاط تثبيطي عند تركيز 100%.

الكلمات المفتاحية: مضاد للجراثيم، أوراق المانجو (*Mangifera indica* L. var. *man*)، انتشار البئر، تسوس الأسنان، *Streptococcus* sp.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Bismillahirrohmaanirrohim, segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “uji daya hambat ekstrak air daun mangga (*Mangifera indica* L. var. manalagi) dengan variasi konsentrasi terhadap bakteri *Streptococcus* sp. penyebab karies gigi”. Shalawat dan salam senantiasa disampaikan kepada Nabi Muhammad saw. yang telah membawa cahaya Islam ditengah gelapnya masa jahiliyah. Berkat bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan terima kasih khususnya kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nurdiana, M.Si., CAHRM., CRMP selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Prof. Dr. Hj. Retno Susilowati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, sekaligus dosen pembimbing skripsi. Terimakasih telah membimbing dengan penuh kesabaran, ketelatenan, dan keluwesan hati untuk meluangkan waktu membimbing penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
4. Prof. Dr. H. Munirul Abidin, M. Ag. selaku pembimbing agama yang selalau membantu dan memberi jalan kepda penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Fitriyah, M. Si. dan Dr. Muhammad Saefi, M. Pd. selaku penguji skripsi yang telah sabar dan memberikan banyak masukan serta saran.
6. Didik Wahyudi, M. Si. selaku dosen wali yang telah memberikan semangat dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
7. Seluruh dosen, laboran, dan staf di Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membantu dan memberikan arahan serta masukan kepada penulis dalam melakukan rencana penelitian sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
8. Orang tua, khususnya panutan penulis Akhmad Nurussalam yang sangat penulis cintai, tak pernah putus doa dan dukungannya.
9. Kakak dan adik, serta seluruh keluarga yang penulis sayangi, telah memberikan doa, dukungan, dan motivasi serta selau meyakinkan penulis bisa melewati ini.
10. Malang beserta orang-orang yang berjasa dan pernah penulis temui, telah membantu dan mengukir kenangan selama penulis menempuh studi di Kota Malang ini.

Semoga segala bentuk kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan dari Allah Swt. Aamiin.

Wassalamu’alaikum Wr. Wb.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUDL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
MOTTO.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
المختص	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan	7
1.4 Manfaat.....	8
1.5 Batasan Masalah	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Karies Gigi.....	9
2.2 Bakteri <i>Streptococcus</i> sp.	16
2.2.1 Karakteristik dan Persebaran Genus <i>Streptococcus</i>	17
2.2.2 Metabolisme Karbohidrat Bakteri Penyebab Karies	20
2.2.3 Aktivitas Virulensi/ Potensi Kariogenik Bakteri <i>Streptococcus</i>	22
2.3 Daun Mangga (<i>Mangifera indica</i> L. var. manalagi).....	25
2.4 Antibakteri.....	27
2.5 Aktivitas Senyawa Metabolit Ekstrak Daun Mangga	31
2.5.1 Falvonoid	31
2.5.2 Alkaloid.....	32
2.5.3 Tanin	33
2.5.4 Saponin.....	34
2.5.5 Mangiferin.....	34
2.6 Mekanisme Kerja Antibakteri	35
2.7 Metode Analisis	37
2.8 Uji Standar Kekeruhan Turbidimetri	38
2.9 Integrasi Kajian Islam.....	39
2.9.1 Allah Menciptakan Tanaman Obat	39
2.9.2 Perintah Berobat (Setiap Penyakit ada Obatnya).....	40
2.9.3 Perintah Meneliti Tanaman Obat	41

BAB III METODE PENELITIAN	43
3.1 Rancangan Penelitian	43
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	43
3.3 Variabel Penelitian	43
3.3.1 Variabel Bebas	44
3.3.2 Variabel Terikat	44
3.3.3 Variabel Kontrol	44
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	44
3.4.1 Alat Penelitian	44
3.4.2 Bahan Penelitian	45
3.5 Prosedur Penelitian	45
3.5.1 Sterilisasi Alat dan Bahan	45
3.5.2 Ekstraksi Daun Mangga	45
3.5.3 Uji Fitokimia Ekstrak Air Daun Mangga Manalagi	47
3.5.4 Pembuatan Variasi Konsentrasi Ekstrak Uji Daun Mangga	48
3.5.5 Pembuatan Media Kultur Bakteri	49
3.5.6 Isolasi Bakteri	50
3.5.7 Identifikasi Bakteri	50
3.5.8 Pembuatan Larutan Standar Metode Turbidimetri	51
3.5.9 Uji Antibakteri Menggunakan Difusi Sumuran	51
3.6 Analisis data	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	54
4.1 Uji Fitokimia Ekstrak Daun Mangga	54
4.2 Aktivitas Antibakteri Ekstrak Air Daun Mangga	56
4.2.1 Isolasi Bakteri Karies Gigi	56
4.2.2 Pemurnian Isolat Bakteri Karies Gigi	57
4.2.3 Identifikasi Bakteri Karies Gigi	58
4.2.4 Uji Daya Hambat Ekstrak Daun Mangga terhadap <i>S. mutans</i>	62
4.3 Tinjauan Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam	69
BAB V PENUTUP.....	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Morfologi bakteri pada karies gigi	13
Tabel 2.2 Interaksi antara bakteri dan antibiotik	36
Tabel 3.1 Pembuatan variasi konsentrasi ekstrak daun mangga	49
Tabel 4.1 Hasil uji senyawa fitokimia ekstrak daun mangga	54
Tabel 4.3 Hasil identifikasi bakteri.....	60
Tabel 4.3 Hasil pengukuran daya hambat difusi sumuran.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bakteri <i>S. mutans</i> diamati di bawah mikroskop elektron	18
Gambar 2.2 Lokasi spesies <i>Streptococcus</i> yang dominan dirongga mulut	18
Gambar 2.3 Metabolisme karbohidrat pada <i>S. mutans</i>	21
Gambar 2.4 Morfologi tanaman mangga manalagi	26
Gambar 2.5 Pohon, bunga, dan daun mangga	27
Gambar 2.6 Zona hambat antibakteri metode sumuran.....	38
Gambar 4.1 Isolat campuran bakteri karies gigi	56
Gambar 4.2 Isolat murni bakteri karies gigi	57
Gambar 4.3 Pewarnaan gram bakteri.....	58
Gambar 4.4 Hasil uji katalase	59
Gambar 4.5 Uji fermentasi karbohidrat.....	60
Gambar 4.6 Hasil uji daya hambat	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu organ penyusun sistem pencernaan adalah gigi. Gangguan atau kerusakan pada fungsi gigi, akan menghambat proses mengunyah makanan. Gangguan tersebut dapat menyebabkan penurunan nafsu makan, sehingga dapat berdampak buruk terhadap sistem imun (Jed dkk., 2018). Selain itu, masalah pada gigi juga berpengaruh ketika berbicara dan dapat menghilangkan rasa percaya diri seseorang (Gendari dan Yowani, 2022). Karies merupakan penyakit infeksi pada jaringan keras gigi yang umumnya diawali oleh aktivitas bakteri kariogenik yang menyebabkan demineralisasi email gigi (Fejerskov dkk., 2015).

Karies gigi masih menjadi salah satu masalah kesehatan gigi yang paling banyak ditemukan di dunia. Data Global Burden of Disease Study 2016 menunjukkan bahwa sekitar 3,58 miliar penduduk dunia menderita penyakit gigi dan mulut, terutama karies (GBD 2016 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators, 2017). Hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2018 menunjukkan adanya peningkatan prevalensi masalah kesehatan gigi dan mulut dari 25,9% pada tahun 2013 menjadi 54% pada tahun 2018 (Kementerian Kesehatan RI, 2018).

Karies dapat menyerang seluruh kelompok usia sehingga menjadi salah satu permasalahan kesehatan yang memerlukan perhatian serius. Secara nasional, rata-rata indeks keparahan karies pada gigi permanen (*Decayed, Missing, Filled Teeth*/DMF-T) mencapai 7,1 untuk seluruh kelompok umur (Kementerian Kesehatan RI, 2018). Selain itu, prevalensi karies pada anak usia sekolah di

Indonesia juga menunjukkan kecenderungan yang tinggi, yaitu sekitar 93% anak usia 5–9 tahun mengalami karies gigi. Tingginya angka kejadian karies tersebut menjadi dasar penting untuk terus dilakukan penelitian mengenai upaya pencegahan dan pengendalian karies gigi (Prihatiningrum dkk., 2023).

Terbentuknya plak merupakan awal terjadinya karies. Plak gigi adalah lapisan tipis yang melekat erat pada permukaan gigi dan tersusun atas kumpulan mikroorganisme, terutama bakteri, beserta produk metabolisme yang dihasilkannya (Beighton, 2017; Hasanuddin & Salnus, 2020). Perkembangan penyakit ini disebabkan oleh bakteri kariogenik yang memfermentasi karbohidrat menjadi asam organik, terutama asam laktat. Gigi yang telah terinfeksi bakteri, selanjutnya terjadi akumulasi sejumlah besar mikroorganisme bersifat kariogenik yang melakukan metabolisme pada pH rendah di permukaan plak gigi, kemudian gigi mengalami proses demineralisasi (Korona dkk., 2022).

Terjadinya kerusakan jaringan keras gigi merupakan hasil interaksi antara permukaan gigi, bakteri kariogenik, dan faktor lingkungan rongga mulut. Makanan terutama yang mengandung karbohidrat, berperan sebagai substrat yang mendukung pembentukan biofilm atau plak pada permukaan gigi. Tingkat kariogenisitas suatu makanan tidak hanya dipengaruhi oleh jenis dan kandungan karbohidratnya, tetapi juga oleh frekuensi konsumsinya (Krzyściak dkk., 2014). Sukrosa merupakan karbohidrat yang paling bersifat kariogenik karena menjadi substrat utama dalam metabolisme bakteri kariogenik. Selain menghasilkan asam melalui proses fermentasi, bakteri juga memanfaatkan sukrosa untuk mensintesis glukosa ekstraseluler yang berperan dalam meningkatkan adhesi bakteri pada permukaan email dan memperkuat pembentukan biofilm (Fejerskov dkk., 2015).

Salah satu kelompok bakteri yang berperan penting dalam pembentukan plak gigi adalah bakteri dari genus *Streptococcus*, terutama yang memiliki kemampuan menghasilkan polisakarida ekstraseluler. Polisakarida tersebut membantu bakteri melekat pada permukaan gigi dan berkontribusi dalam pembentukan biofilm plak (Hasanuddin & Salnus, 2020). Genus *Streptococcus* terdiri dari beberapa patogen bakteri yang paling umum, namun berpotensi mematikan, pada manusia. Spesies *Streptococcus* yang penting secara medis biasanya dibawa tanpa gejala, tetapi memiliki potensi patogenik yang signifikan (LaRock & Nizet, 2015).

Bakteri dari genus *Streptococcus*, khususnya kelompok *mutans streptococci* (kelompok pemicu kerusakan gigi), memiliki kemampuan memanfaatkan karbohidrat sebagai sumber energi sekaligus mensintesis glukon ekstraseluler yang berperan dalam proses adhesi bakteri pada permukaan email gigi dan pembentukan biofilm plak (Lemos dkk., 2019). Sebagai bagian dari mikrobiota normal rongga mulut, beberapa spesies dalam genus *Streptococcus* mampu memfermentasi karbohidrat menjadi asam organik. Akumulasi asam tersebut menyebabkan penurunan pH pada permukaan gigi hingga mencapai pH kritis, sehingga memicu demineralisasi email dan berkontribusi terhadap perkembangan karies gigi (Juvensius, dkk., 2014).

Pencegahan dapat dilakukan sejak dini supaya gigi tidak mengalami karies, yakni dengan menjaga kesehatan dan kebersihan mulut. Akan tetapi, jika karies dialami setelah usia lanjut, lebih sulit penanganannya. Agama Islam mengajarkan bahwasanya setiap penyakit pasti ada obatnya. Sebagaimana percakapan antara seorang arab baduwi bersama Nabi Muhammad SAW:

وعن أسامة بن شريك رضي الله عنه قال : قَالَتْ الْعَرَابُ : " يَا رَسُولَ اللَّهِ أَلَا نَتَدَاوَى؟"
 قال : "تَدَاوَوْا ، فَإِنَّ اللَّهَ لَمْ يُضِعْ دَاءً إِلَّا وَضَعَ لَهُ شِفَاءً إِلَّا دَاءً وَاحِدًا". قالوا : " يَا رَسُولَ
 اللَّهِ وَ مَا هُوَ؟" قال : "الْهَرَمُ" (رواه الترمذي وابن ماجه)

Artinya: Dari Usamah bin Syuraik ra ia berkata: Orang-orang Arab Badui berkata: “wahai rasulullah, bolehkah kami berobat?”, rasul menjawab: “ya, berobatlah. Sesungguhnya Allah tidak menciptakan penyakit kecuali menciptakan penawarnya kecuali satu penyakit”. Mereka bertanya: “penyakit apa itu wahai Rasulullah?” rasul menjawab: “menjadi tua” (HR. Tirmizi, Abu Daud dan Ibnu Majah).

Hadis tersebut menerangkan bahwa setiap penyakit dapat diobati, kecuali masa tua, tidak seorangpun dapat menghindarinya. Perintah berobat sangat dianjurkan Rasulullah pada kalimat *tadaawau* yang merupakan kalimat perintah. Pada kalimat selanjutnya ditekankan bahwa setiap penyakit ada obatnya, sehingga tidak mematahkan harapan pasien untuk sembuh dan tenaga medis tak henti berusaha mencari penawarnya. Namun, dikecualikan untuk penyakit tua (Sabarudin, 2012).

Dalam riwayat lain disebutkan dengan kata kepikunan dan kematian. Maka dari itu, selagi penyakit bisa diobati, tidak ada alasan untuk putus asa berpangku tangan dengan alasan pasrah pada keadaan. Karena Nabi SAW. menyuruh umatnya untuk berikhtiar mencari penawar dari penyakitnya. Di sisi lain, usaha mencari pengobatan tidak bertentangan dengan keimanan terhadap takdir Allah Swt. maupun sikap tawakal. Berobat merupakan bentuk ikhtiar yang dianjurkan, sebagaimana manusia memenuhi kebutuhan makan ketika lapar atau menggunakan pakaian saat cuaca dingin. Tindakan tersebut mencerminkan pemanfaatan sebab-

sebab yang telah Allah Swt. sediakan dalam kehidupan. Oleh karena itu, usaha pengobatan merupakan bagian dari proses sebab-akibat yang telah ditetapkan Allah Swt. dan menjadi amalan yang bernilai di sisi-Nya (Fahmi, 2021).

Obat dapat memanfaatkan bahan alam yang sudah tersedia sesuai dengan uji nyata yang telah dilakukan. Al-Qur'an banyak menyinggung tentang tumbuhan sebagai bukti kekuasaan Allah dan tumbuh-tumbuhan sebagai bukti kekuasaan Allah dan penggambaran untuk menyampaikan sebuah hikmah. Tidak hanya sekedar penyebutan, Allah juga menjelaskan dan memaparkan fungsi dan manfaat dari tumbuhan yang berguna bagi makhluk lain termasuk manusia. Salah satu manfaat tumbuhan yakni di bidang kesehatan sebagai *syifa'* (obat) (Rifaanudin, 2022). Sebagaimana diwahyukan dalam firman Allah Subhanahu Wa Ta'ala:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً وَمَا كَانَ أَكْثَرُهُمْ

مُؤْمِنِينَ ﴿٨﴾ وَإِنَّ رَبَّكَ لَهُوَ الْعَزِيزُ الرَّحِيمُ ﴿٩﴾

Artinya: "Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam (tumbuh-tumbuhan) yang baik? Sungguh, pada yang demikian itu terdapat tanda (kebesaran Allah), tetapi kebanyakan mereka tidak beriman. Dan sungguh, Tuhanmu Dialah Yang Maha Perkasa, Maha Penyayang." (QS. Asy-Syu'ara' 26: Ayat 7-9)

Disebutkan dalam kitab tafsir al-Misbah kata *karim* menunjukkan segala sesuatu yang bersifat baik bagi setiap objek yang disifatinya. Objek dari *karim* disini adalah *zauj*. Sehingga menurut Hamka *zaujin karim* berarti pertemuan jantan dan betina yang indah dan mulia (pasangan yang baik). Jika disesuaikan dengan

ayat ini, Allah menciptakan pasangan dari berbagai jenis tumbuhan yang baik. Artinya tumbuhan yang subur dan memberi manfaat. Tidak hanya dari hasil buahnya saja, namun ternyata tersimpan khasiat di setiap bagian tanamannya (Islami, 2022).

Pemanfaatan hasil alam sebagai bahan obat sudah tidak jarang ditemui. Telah dilakukan pengamatan dan penelitian terkait pengobatan karies menggunakan bahan alami tanpa efek samping yang memiliki sifat antibakteri. Banyak alternatif yang bisa dimanfaatkan dari hasil keanekaragaman hayati di Indonesia. Salah satunya yaitu tanaman *Mangifera indica* L. var. manalagi yang memiliki khasiat sebagai obat karena kandungan bahan aktifnya seperti seperti alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin (Ediriweera dkk., 2017). Komponen senyawa aktif tersebut tersebar di seluruh bagian tanaman mangga, baik bunga, daun, batang, kulit, dan bijinya. Hasil penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa, senyawa biologis aktif dari tanaman mangga banyak ditemukan salah satunya pada daunnya. Termasuk senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri (Edward, dkk., 2023).

Mangiferin adalah senyawa khas terbesar yang dimiliki setiap spesies mangga. Kandungan senyawa ini memiliki efektivitas dalam berbagai alternatif pengobatan, diantaranya antibakteri, antijamur, antivirus, antiparasit, antidiabetes, antiinflamasi, analgesik, antioksidan, antikanker, hepatoprotektif, imunomodulator, antidiare, anti reabsorpsi tulang, dan antialergi (Yulia & Riza, 2023). Sebagai antibakteri, mangiferin memiliki peran dalam menghambat replikasi sel pada bakteri (Fragil, dkk., 2022).

Sebagaimana penjelasan di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui lebih lanjut terkait keefektivitasan ekstrak daun mangga dalam mengatasi karies gigi yang disebabkan oleh bakteri *Streptococcus* sp. Selain itu, masalah pada gigi mudah terpapar ke semua orang tanpa memandang usia. Oleh karenanya, jika gangguan pada gigi sudah dialami sejak dini, maka lebih baik segera diatasi. Sebab setelah dewasa maka penanganan pada gigi yang rusak sulit dilakukan akibat menurunnya fungsi pertumbuhan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana uji kualitatif senyawa metabolit sekunder ekstrak air daun mangga (*Mangifera indica* L. var. manalagi)?
2. Bagaimana aktivitas antibakteri ekstrak air daun mangga (*Mangifera indica* L. var. manalagi) dengan variasi konsentrasi terhadap bakteri *Streptococcus* sp penyebab karies gigi?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kandungan senyawa metabolit sekunder ekstrak air daun mangga (*Mangifera indica* L. var. Manalagi).
2. Untuk mengetahui aktivitas antibakteri ekstrak air daun mangga (*Mangifera indica* L. manalagi) dengan variasi konsentrasi terhadap bakteri *Streptococcus* sp.

1.4 Manfaat

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Memberi informasi terkait pengaruh ekstrak air daun mangga dalam menghambat pertumbuhan bakteri penyebab karies gigi.
2. Sebagai salah satu referensi dalam bidang kesehatan terutama dalam pengobatan antibakteri.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Daun mangga yang digunakan adalah spesies mangga manalagi yang diambil dari perumahan di daerah Soekarno-Hatta, Lowokwaru, Kota Malang, Provinsi Jawa Timur.
2. Bakteri uji yang digunakan dalam penelitian ini diisolat oleh peneliti dari gigi karies dengan parameter makroskopis, mikroskopis, dan uji biokimia.
3. Pembuatan ekstrak daun mangga dengan metode maserasi menggunakan pelarut akuades.
4. Parameter yang digunakan untuk mengetahui efektifitas dari ekstrak daun mangga sebagai antibakteri adalah terbentuknya zona bening di sekitar sumuran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karies Gigi

Karies gigi merupakan suatu penyakit infeksi pada jaringan gigi yang bisa menyebabkan terjadinya demineralisasi pada jaringan tersebut, dan bisa mengalami kerusakan. Faktor terjadinya karies diantaranya interaksi antara bakteri, substrat karbohidrat, permukaan gigi, dan waktu. Bakteri yang menumpuk akibat sisa makanan yang menyangkut pada gigi dapat membentuk plak, sehingga menyebabkan hilangnya komposisi mineral (Saptiwi *et. al.*, 2020). Penyakit ini masih menjadi masalah kesehatan gigi dan mulut dengan prevelensi tinggi di berbagai negara termasuk Indonesia (Viando *et. al.*, 2023).

Gigi manusia tersusun atas tiga lapisan utama, yaitu email, dentin, dan sementum, yang didominasi oleh jaringan keras dengan komposisi serupa jaringan tulang. Sebagian besar jaringan keras gigi tersusun atas zat anorganik, terutama kalsium, fosfat, dan kristal hidroksiapatit, yang berperan dalam memberikan kekuatan dan kekerasan pada gigi (Fejerskov dkk., 2015). Sekitar 99% kalsium dalam tubuh tersimpan pada tulang dan gigi sebagai komponen utama jaringan termineralisasi. Penurunan pH lingkungan gigi hingga di bawah 5,5 dapat memicu pelepasan ion kalsium dan fosfat dari email ke dalam saliva. Kehilangan mineral tersebut menyebabkan demineralisasi jaringan keras gigi yang menjadi tahap awal perkembangan karies (Pitts dkk., 2017).

Proses demineralisasi merupakan pelepasan komponen mineral dari email gigi dalam bentuk ion-ion mineral. Email sebagai lapisan terluar gigi sebagian besar tersusun atas kristal hidroksiapatit yang merupakan kompleks kalsium fosfat. Pelepasan sejumlah kecil ion mineral dari kristal hidroksiapatit umumnya tidak

mengakibatkan kerusakan struktur gigi secara langsung, tetapi dapat meningkatkan sensitivitas terhadap rangsangan termal maupun mekanis (Dwi, 2012). Apabila kehilangan mineral berlangsung secara terus-menerus dan dalam jumlah yang besar, akan terbentuk porositas pada email yang menyebabkan penurunan kekuatan jaringan gigi dan meningkatkan risiko terbentuknya lesi karies (Fejerskov dkk., 2015). Kondisi tersebut masih dapat dipulihkan melalui proses remineralisasi, yaitu pengendapan kembali ion kalsium dan fosfat ke dalam kristal hidroksiapatit sehingga struktur dan fungsi email gigi dapat dipertahankan atau diperbaiki (Pitts dkk., 2017).

Proses patologis gigi yang ditandai dengan hilangnya mineral pada jaringan keras gigi disebut demineralisasi. Kemudian diikuti oleh kerusakan komponen organik akibat aktivitas mikroorganisme dalam biofilm plak (Pitts dkk., 2017). *Streptococcus mutans* merupakan salah satu bakteri kariogenik utama yang berperan dalam proses tersebut karena mampu memetabolisme karbohidrat menjadi asam organik (Lemos dkk., 2019).

Produksi asam yang berlangsung secara terus-menerus menyebabkan penurunan pH lingkungan rongga mulut dan mendukung pembentukan serta maturasi plak gigi. Ketika pH pada permukaan gigi turun hingga mencapai pH kritis, yaitu sekitar 5,2–5,5, kristal hidroksiapatit pada email mulai mengalami pelarutan sehingga memicu terbentuknya lesi karies (Fejerskov dkk., 2015). Perkembangan karies yang tidak ditangani dapat menyebabkan penetrasi bakteri ke jaringan pulpa, kerusakan jaringan periapikal, serta menimbulkan inflamasi yang disertai rasa sakit atau nyeri (Hasanuddin & Salnus, 2020).

Kriteria diagnostik karies gigi berikut diterapkan (Korona, 2022):

- a. Gigi busuk (*Decay Tooth*) merupakan gigi yang rongganya dapat terlihat dengan jelas atau lesi dapat dirasakan dengan alat penjelajah pada lubang atau celah atau pada permukaan yang halus. Ini juga termasuk penambalan sementara pada gigi.
- b. Gigi hilang/ompong (*Missing Tooth*) adalah gigi yang hilang atau dicabut karena karies gigi, bukan pada usia penggantian.
- c. Gigi terisi (*Filling Tooth*) mendefinisikan gigi dengan satu atau lebih restorasi permanen dan tidak ada rongga pada gigi mana pun.

Etiologi karies gigi merupakan interaksi multifaktorial dari empat faktor utama: faktor inang, mikroorganisme kariogenik yang tumbuh pada substrat yang disukai, dan waktu paparan pH rendah. Anak-anak sangat rentan terhadap penyakit ini karena rendahnya tingkat mineralisasi email dan dentin sehingga lebih rawan mengalami infeksi yang disebabkan oleh bakteri kariogenik. Berikut 4 faktor penyebab karies gigi yang saling berkaitan (Kidd & Bechal, 1991):

- a. Substrat

Substrat merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kolonisasi dan aktivitas mikroorganisme pada permukaan gigi. Substrat tersebut terutama berasal dari makanan yang mengandung karbohidrat, khususnya gula, yang digunakan bakteri sebagai sumber nutrisi. Melalui proses fermentasi, karbohidrat akan diubah menjadi asam yang berpotensi merusak jaringan keras gigi (Fejerskov dkk., 2015). Di antara berbagai jenis karbohidrat, sukrosa memiliki sifat paling kariogenik karena lebih mudah dimanfaatkan bakteri untuk mensintesis polisakarida

ekstraseluler dibandingkan glukosa, fruktosa, maupun laktosa, sehingga berperan penting dalam pembentukan biofilm atau plak gigi (Efrida & Restina, 2016).

Konsumsi makanan dan minuman yang mengandung gula dapat menurunkan pH plak hingga mencapai batas kritis yang menyebabkan demineralisasi email. Kondisi asam tersebut dapat bertahan selama 30–60 menit sebelum pH kembali mendekati normal akibat efek penyangga saliva (Fejerskov dkk., 2015). Maka dari itu, konsumsi gula yang terlalu sering akan mempertahankan pH plak pada kondisi asam dalam waktu yang lebih lama, sehingga mempercepat proses demineralisasi dan meningkatkan risiko terjadinya karies gigi (Pitts et al., 2017).

b. Mikroorganisme

Plak gigi merupakan biofilm yang tersusun atas komunitas mikroorganisme beserta produk metaboliknya yang melekat pada permukaan gigi. Akumulasi bakteri dalam plak terjadi melalui proses yang terorganisasi dan berlangsung secara bertahap, bukan secara kebetulan (Lamont dkk., 2018). Komunitas mikroorganisme kompleks membentuk biofilm plak gigi dan menyebabkan penyakit infeksi. Bakteri yang paling sering dikaitkan dengan perkembangan karies adalah *Streptococcus mutans*, namun berbagai penelitian menunjukkan bahwa lesi karies juga dihuni oleh bakteri lain seperti *Streptococcus sobrinus*, *Lactobacillus spp.*, *Actinomyces spp.*, *Bifidobacterium spp.*, dan *Scardovia wiggsiae*. Keberadaan berbagai bakteri tersebut menunjukkan bahwa karies gigi merupakan infeksi polimikroba yang melibatkan interaksi berbagai spesies mikroorganisme dalam biofilm plak gigi. Berikut morfologi bakteri pada karies gigi berdasarkan penelitian Benseddik dkk. (2025):

Tabel 2.1 Morfologi bakteri pada karies gigi

Bakteri	Morfologi	Pewarnaan Gram	Peran dalam Karies
<i>Streptococcus mutans</i>	Kokus berantai	Gram positif	Inisiasi karies, pembentukan biofilm
<i>Streptococcus sobrinus</i>	Kokus berantai	Gram positif	Produksi asam tinggi
<i>Lactobacillus spp.</i>	Basil	Gram positif	Progresi karies dentin
<i>Actinomyces spp.</i>	Basil bercabang	Gram positif	Karies akar
<i>Bifidobacterium spp.</i>	Basil bercabang	Gram positif	Produksi asam
<i>Scardovia wiggsiae</i>	Basil pendek	Gram positif	Karies anak usia dini

Berdasarkan tabel morfologi di atas, bakteri *Streptococcus mutans* merupakan kokus Gram positif yang tersusun berpasangan atau membentuk rantai pendek hingga panjang, bersifat fakultatif anaerob, katalase negatif, serta memiliki kemampuan menghasilkan asam dan membentuk biofilm yang kuat pada permukaan gigi (Mazurel dkk., 2025). Selain itu, *Lactobacillus spp.* berbentuk batang (basil) Gram positif yang berperan dalam progresi lesi karies karena mampu bertahan pada lingkungan asam. *Actinomyces spp.* merupakan basil Gram positif bercabang yang banyak ditemukan pada karies akar, sedangkan *Bifidobacterium spp.* dan *Scardovia wiggsiae* berbentuk batang Gram positif bercabang yang juga berkontribusi terhadap proses kariogenesis. Keberadaan berbagai bakteri tersebut menunjukkan bahwa karies gigi merupakan infeksi polimikroba yang melibatkan interaksi berbagai spesies mikroorganisme dalam biofilm plak gigi (Benseddik dkk., 2025).

Streptococcus mutans adalah bakteri gram-positif anaerob fakultatif yang termasuk dalam kelompok *mutant streptococci* yang terdiri dari *S. Sobrinus* dan beberapa spesies lainnya. Morfologi koloni *S. Mutans* kasar ketika ditumbuhkan

pada cawan petri dengan agar mitis salivarius, media selektif untuk *mutans streptococci*, sedangkan morfologi koloni *S. sobrinus* halus. *Streptococcus mutans* dianggap sebagai patogen penting penyebab karies gigi, terutama terkait dengan timbulnya penyakit. Dibandingkan dengan *S. mutans*, jumlah individu yang membawa *S. sobrinus* lebih rendah. Bakteri *Streptococcus sobrinus* dilaporkan hanya diisolasi dari lokasi aktif karies, sedangkan *S. mutans* telah diisolasi dari lokasi aktif karies dan non-karies. Selain itu, *S. sobrinus* diketahui berkaitan dengan timbulnya karies pada permukaan halus gigi dan lebih aktif dalam perkembangan karies dibandingkan dengan *S. mutans* (Nakano, 2014).

Streptococcus merupakan kolonisator awal pada permukaan gigi setelah terbentuknya pelikel saliva. Bakteri ini mampu melekat pada email gigi melalui molekul adhesin dan kemudian membentuk biofilm bersama mikroorganisme oral lainnya. Sebagian besar spesies *Streptococcus* berperan dalam menjaga keseimbangan mikrobiota rongga mulut. Akan tetapi, peningkatan proporsi kelompok mutans streptococci akibat konsumsi karbohidrat fermentabel yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan produksi asam, penurunan pH plak, dan demineralisasi email sehingga memicu terjadinya karies gigi (Patterson, 1996).

c. *Host*

Dalam proses terjadinya karies, faktor *host* mencakup kondisi gigi dan saliva yang berpengaruh terhadap keseimbangan lingkungan rongga mulut. Permukaan gigi yang memiliki pit, fisur, atau ketidakaturan struktur lebih mudah menjadi tempat retensi karbohidrat dan perlekatan mikroorganisme. Keberadaan plak bakteri pada permukaan gigi merupakan faktor utama yang memicu perkembangan karies. Sebaliknya, saliva berfungsi sebagai mekanisme pertahanan

alami karena mengandung ion kalsium dan fosfat yang berperan dalam proses remineralisasi email yang mengalami demineralisasi awal. Saliva juga membantu mengatur populasi mikroorganisme serta mempertahankan pH rongga mulut agar tetap stabil. Dengan demikian, berkurangnya produksi atau aliran saliva dapat menurunkan kemampuan protektif rongga mulut sehingga risiko dan tingkat keparahan karies gigi meningkat..

d. Waktu

Faktor waktu merupakan salah satu komponen penting dalam proses terjadinya karies gigi, karena karies termasuk penyakit kronis yang berkembang secara bertahap dan progresif. Perjalanan penyakit ini berlangsung dalam jangka waktu yang relatif lama, tidak dapat sembuh secara spontan, dan apabila tidak mendapatkan perawatan yang tepat dapat berakhir dengan kehilangan gigi (Efrida & Restina, 2016). Terbentuknya karies memerlukan periode tertentu yang memungkinkan plak dan karbohidrat yang melekat pada permukaan gigi menghasilkan asam dalam jumlah yang cukup untuk menyebabkan demineralisasi email. Konsumsi makanan dan minuman yang mengandung gula dapat menurunkan pH plak secara cepat hingga mencapai tingkat kritis yang memicu terjadinya demineralisasi email (Kidd & Bechal, 1991).

Proses karies diawali dengan kerusakan jaringan keras gigi, terutama email, yang pada akhirnya menyebabkan terbentuknya kavitas atau gigi berlubang. Faktor utama yang berperan dalam proses tersebut adalah plak gigi. Lapisan biofilm tipis yang melekat erat pada permukaan gigi dan terdiri atas saliva, sisa makanan, komponen jaringan yang terlepas, protein plasma, serta berbagai jenis mikroorganisme. Sisa makanan yang mengandung gula dan karbohidrat yang

tertinggal pada permukaan gigi menjadi sumber nutrisi bagi bakteri plak. Melalui proses metabolisme, bakteri menghasilkan asam yang mampu melarutkan kristal hidroksiapatit pada email gigi sehingga memicu terjadinya demineralisasi. Tahap awal demineralisasi biasanya ditandai dengan munculnya lesi bercak putih (*white spot lesion*) pada permukaan email yang tertutupi plak. Apabila proses ini berlangsung terus-menerus, asam yang dihasilkan bakteri akan melarutkan mineral, terutama kalsium, dari jaringan email sehingga terbentuk kerusakan yang semakin dalam dan berkembang menjadi karies gigi (Dwi, 2012).

2.2 Bakteri *Streptococcus* sp.

Genus *Streptococcus* merupakan kelompok bakteri Gram positif yang termasuk dalam famili Streptococcaceae, ordo Lactobacillales, kelas Bacilli, dan filum Bacillota (Firmicutes). Bakteri ini memiliki bentuk sel bulat (kokus) dengan diameter sekitar 0,5–1,0 μm dan tersusun berpasangan atau membentuk rantai akibat pembelahan sel yang terjadi pada satu bidang (Patterson, M. J. (1996). *Streptococcus. Medical Microbiology. 4th edition*). *Streptococcus* merupakan anggota flora normal. Sebagian besar spesies *Streptococcus* bersifat tidak bergerak (*non-motile*), tidak membentuk spora, katalase negatif, serta merupakan bakteri anaerob fakultatif yang memperoleh energi melalui fermentasi karbohidrat dengan menghasilkan asam laktat sebagai produk utama metabolisme (Gobbetti & Corsetti, 1999).

Secara ekologis, *Streptococcus* sp. merupakan flora normal pada berbagai mukosa tubuh manusia, terutama rongga mulut, saluran pernapasan atas, saluran cerna, dan saluran urogenital. Walaupun sebagian besar spesies hidup sebagai komensal, beberapa di antaranya dapat berubah menjadi patogen oportunistik

ketika terjadi gangguan keseimbangan mikrobiota atau penurunan sistem imun (Krzysciak dkk., 2013). Berbagai penyakit yang dapat disebabkan oleh genus ini meliputi faringitis, pneumonia, meningitis, endokarditis, bakteremia, infeksi jaringan lunak, hingga karies gigi (Patterson, 1996).

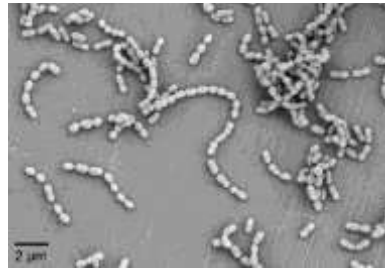
Species *Streptococcus*, yang paling dominan mengkolonisasi mulut dan menjadi penyebab utama kerusakan gigi adalah *Streptococcus mutans* (LaRock & Nizet, 2015). *Streptococcus* spp. tidak membentuk spora dan katalase-negatif; mereka memfermentasi karbohidrat untuk menghasilkan terutama asam laktat, tetapi tidak menghasilkan gas, dan memiliki kebutuhan nutrisi yang kompleks (Gobbetti & Corsetti, 1999).

2.2.1 Karakteristik dan Persebaran Genus *Streptococcus*

Secara makroskopis, koloni *Streptococcus* sp. umumnya berukuran kecil (sekitar 0,5–2 mm), berbentuk bulat (*circular*), berwarna putih keabu-abuan hingga krem, memiliki permukaan halus (*smooth*), tepi rata (*entire*), dan elevasi cembung (*convex*) (Patterson, 1996). Pada media agar darah (*blood agar*), koloni dapat menunjukkan pola hemolisis yang menjadi dasar klasifikasi, yaitu α -hemolisis (hemolisis parsial dengan zona kehijauan), β -hemolisis (hemolisis sempurna dengan zona bening), dan γ -hemolisis (tidak terjadi hemolisis) (Melia, 2025).

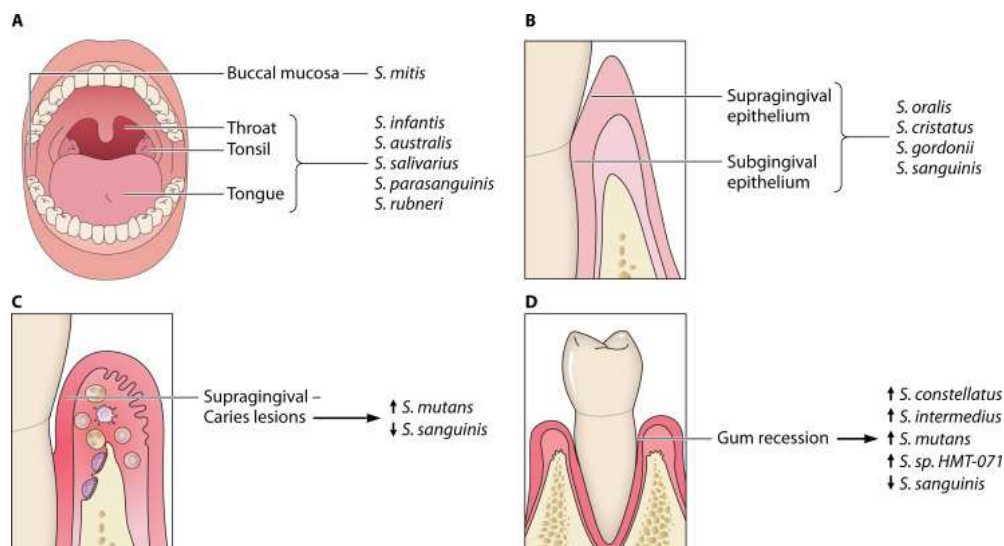
Secara mikroskopis, *Streptococcus* sp. tampak sebagai kokus Gram positif yang berwarna ungu setelah pewarnaan Gram karena memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal. Sel-selnya tersusun membentuk rantai pendek maupun panjang, meskipun beberapa spesies dapat ditemukan dalam bentuk diplokokus (berpasangan) (Patterson, 1996). Susunan berantai tersebut merupakan karakteristik khas yang membedakan genus *Streptococcus* dari genus Gram positif

lain seperti *Staphylococcus*, yang membelah pada beberapa bidang sehingga membentuk kelompok menyerupai buah anggur (Senthil dkk., 2024).



Gambar 2.1 Bakteri *Streptococcus mutans* diamati di bawah mikroskop elektron (Mayer dkk., 2024)

Berikut persebaran bakteri genus *Streptococcus* di rongga mulut beserta lokasi dominannya:



Gambar 2.2 Lokasi species *Streptococcus* yang dominan dalam rongga mulut (A) rongga mulut yang sehat (B) daerah supragingiva yang sehat (C) kondisi karies (D) resesi gusi (Richard dkk., 2017).

Kelompok *viridans streptococci* merupakan kelompok *Streptococcus* yang paling banyak ditemukan di rongga mulut manusia. Kelompok ini terdiri atas beberapa grup, antara lain *mutans group*, *mitis group*, *sanguinis group*, *salivarius group*, dan *anginosus group*. Anggota kelompok ini berperan sebagai flora normal

rongga mulut, tetapi juga dapat menjadi patogen oportunistik. Dalam bidang kedokteran gigi, kelompok *mutans streptococci*, terutama *Streptococcus mutans* dan *Streptococcus sobrinus*, memiliki peranan penting karena berhubungan erat dengan pembentukan plak dan perkembangan karies gigi (Haenni dkk., 2018).

Akan tetapi kondisi oral spesifik seperti lesi karies dan periodontitis memberikan pengaruh yang berbeda pada kelimpahan dan komposisi spesies *Streptococcus* dalam mikrobiota oral. Kondisi ini mendorong variasi, seperti peningkatan kadar *S. mutans* dalam plak supragingiva yang terkait dengan lesi karies (Richard dkk., 2017), dan perubahan pada beberapa spesies *Streptococcus* seperti *Streptococcus constellatus*, *Streptococcus intermedius*, *Streptococcus sp.* selama peradangan (periodontitis), kecuali *S. mutans* (Rams dkk., 2014). Karena di antara kelompok tersebut, *Streptococcus mutans* merupakan spesies yang paling kariogenik karena memiliki kemampuan adhesi, pembentukan biofilm, produksi glukosa, serta toleransi terhadap kondisi asam yang lebih tinggi dibandingkan spesies lainnya (Krzyściak dkk., 2013).

Ketika karies terjadi dan kadar *S. mutans* meningkat, kondisi ini dibarengi dengan penurunan jumlah spesies *Streptococcus sanguinis*, yang biasanya bertindak sebagai bakteri komensal penjaga keseimbangan mikrobiota rongga mulut (Lamont dkk., 2018). Selama proses pembentukan karies, bakteri dalam biofilm tersusun membentuk komunitas yang terorganisir yang disebut *agregat "Rotund"*. Struktur ini terdiri dari massa bagian dalam yang diisi oleh *S. mutans*, lapisan pelindung dikelilingi oleh matriks eksopolisakarida dan lapisan luar diikuti oleh *Streptococcus oralis* atau streptokokus non-mutans lainnya (Baker dkk., 2014).

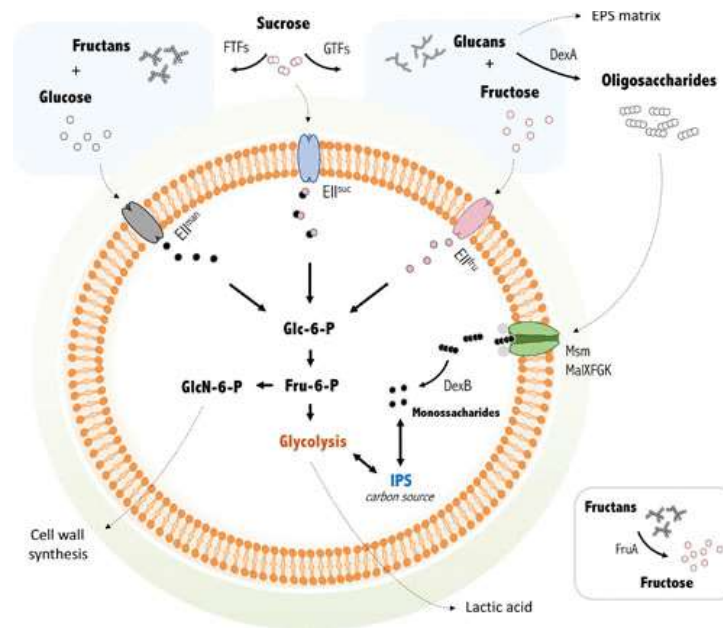
Isolasi pertama bakteri *Streptococcus mutans* dari plak gigi oleh Clark pada tahun 1924 yang menjadi bakteri utama penyebab terjadinya karies. *Streptococcus mutans* merupakan salah satu bakteri mulut gram positif, bersifat non-motil (tidak bergerak), berbentuk bulat atau oval (kokus), tersusun berantai pendek maupun berpasangan (Hasanuddin & Salnus, 2020). Secara fisiologis, *S. mutans* diklasifikasikan sebagai organisme anaerob fakultatif, tetapi pertumbuhannya di laboratorium akan jauh lebih optimal jika diinkubasi dalam kondisi kapnofilik (suasana kaya CO₂ sekitar 5%) pada suhu tubuh manusia sekitar 37 °C. Jika diamati melalui biakan, morfologi koloni *S. mutans* memiliki ciri khas berwarna putih susu dengan permukaan yang halus (Lemos dkk., 2024).

Bakteri ini juga tergolong bakteri komensal oportunistik. Pada rongga mulut, *S. mutans* merupakan flora alami yang tidak berbahaya dan hidup menumpang pada inangnya. Keberadaannya tidak langsung menyebabkan karies gigi. Namun, bisa menjadi patogen yang memicu infeksi dan menyerang inang yang mengalami ketidakseimbangan flora (Chebotar dkk., 2025). Hal tersebut dikarenakan bakteri *S. mutans* dapat mengangkut dan memetabolisme karbohidrat menjadi asam organik (asidogenitas), serta mampu berkembang di bawah kondisi tekanan lingkungan, terutama pH rendah (Ni Putu, dkk., 2023).

2.2.2 Metabolisme Karbohidrat Bakteri Penyebab Karies

Sebagai bakteri asam laktat, dalam memenuhi kebutuhan energinya *S. mutans* bergantung secara langsung pada proses glikolisis, dengan kemampuannya untuk memetabolisme berbagai macam karbohidrat. Sukrosa adalah jenis gula disakarida, yang terdiri dari dua molekul gula sederhana yakni glukosa dan fruktosa, menjadi substrat utama dari semua karbohidrat penyebab kariogenik.

Beberapa enzim glikosiltransferase (Gtfs) mengubah sukrosa menjadi polimer ekstraseluler glukosa seperti lem yang mendorong pembentukan biofilm melalui perlekatan seluler ke permukaan gigi dan mikroorganisme mulut lainnya (Lemos dkk., 2019).



Gambar 2.3 Metabolisme karbohidrat pada bakteri *S. mutans* (Lemos dkk., 2019)

Gambar di atas menunjukkan proses metabolisme makanan yang paling umum dari kelompok gula: fruktosa, glukosa, dan sukrosa. Dalam lingkungan ekstraseluler, sukrosa adalah substrat enzim glikosiltransferase (GTF) dan fruktosiltransferase (FTF), yang mengkatalisis produksi glukosa dan fruktan. Pembentukan glukosa memainkan peran kunci dalam virulensi, karena berkontribusi dalam penumpukan biofilm dengan membentuk matriks polisakarida seperti lem. Sedangkan fruktan berfungsi sebagai sumber karbohidrat ekstraseluler jangka pendek dan didegradasi oleh enzim fruktanase FruA, sehingga menghasilkan fruktosa, yang dapat diinternalisasi untuk produksi energi. Ketika karbohidrat

berlebih, dapat disimpan sebagai butiran intraseluler dan digunakan sebagai sumber energi cadangan selama kelaparan. (Lemos dkk., 2019).

Pada literatur lain (Budiani dkk., 2017) juga dijelaskan dinamika pembentukan biofilm oleh *Streptococcus mutans*. Bakteri yang tergolong kolonisator spesifik ini membutuhkan permukaan keras yang tidak luruh (seperti jaringan gigi) untuk bertahan hidup. Proses kolonisasi dan pembentukan biofilm (plak gigi) oleh *S. mutans* berlangsung melalui dua mekanisme utama:

a. Adhesi Awal (Independen/Tidak Bergantung Sukrosa)

Pada tahap ini bakteri *S. mutans* menempel pada lapisan pelikel saliva (lapisan protein yang melapisi email gigi) melalui interaksi protein permukaan spesifik bernama *Antigen I/II* (Ag I/II atau *Pac*) (Krzyściak dkk., 2021).

b. Adhesi Permanen (Dependen/Tergantung Sukrosa)

S. mutans memproduksi enzim ekstraseluler Glukosiltransferase (GtfB, GtfC, dan GtfD). Enzim-enzim ini secara spesifik memecah sukrosa dari sisa makanan menjadi glukukan atau polimer glukosa yang tidak larut air. Glukan berfungsi sebagai matriks eksopolisakarida (EPS) atau "semen biologis" yang merekatkan sel-sel bakteri satu sama lain secara kokoh, membentuk struktur biofilm plak yang tebal dan melindunginya dari agen antimikroba maupun pembilasan mekanis oleh saliva/ air liur (Seneviratne dkk., 2023).

2.2.3 Aktivitas Virulensi/ Potensi Kariogenik Bakteri *Streptococcus*

Istilah *penentu patogenisitas* mengacu pada ciri-ciri yang menentukan kemampuan mikroorganisme untuk menyebabkan penyakit, tetapi ciri-ciri tersebut sendiri tidak diperlukan untuk kelangsungan hidupnya (Sorenses dkk., 2010). Organisme patogen bertanggung jawab atas perkembangan penyakit. Artinya,

hanya organisme yang menyebabkan penyakit pada orang sehat yang dianggap sebagai patogen. Sedangkan, mikroorganisme oportunistik atau komensal, yang hanya mampu menginfeksi inang dengan gangguan sistem kekebalan tubuh, tidak dianggap sebagai patogen. Salah satu kelompok bakteri yang paling invasif adalah genus *Streptococcus*. Kelompok ini terbagi menjadi 49 spesies dan delapan subspecies, di mana sebanyak 35 di antaranya telah diidentifikasi sebagai sumber infeksi invasif pada manusia. Spesies *Streptococcus* yang biasanya ditemukan di rongga mulut mungkin bersifat patogen. Proses pembentukan plak gigi dan perkembangan karies melibatkan beberapa spesies bakteri lain yang saling berinteraksi membentuk struktur biofilm. Bakteri penyebab karies harus memiliki tiga ciri fenotipik utama untuk bertahan hidup di rongga mulut, yaitu kemampuan adhesi (menempel), kemampuan memproduksi asam, dan kemampuan toleransi terhadap fluktuasi lingkungan (pH, osmolaritas, atau oksigen) (Krzysciak dkk., 2013).

Sifat patogenitas utama (etiologi karies) yakni *Streptococcus mutans* mampu menguraikan karbohidrat dan menghasilkan asam sehingga disebut sebagai bakteri kariogenik. Bakteri ini tumbuh dan berkembang ketika keadaan sekitarnya asam dan melekat pada permukaan/ sisi luar dari gigi. Hal tersebut dikarenakan *Streptococcus mutans* dapat menyintesis polisakarida ekstraseluler yang memiliki daya tempel/melekat yang kuat. Polisakarida ekstraseluler tersebut terdiri dari polimer glukosa yang menyebabkan bakteri berkoloni akibat perlekatan bakteri lain pada permukaan gigi sehingga menyebabkan terbentuknya plak gigi (Gendari & Yowani, 2022). Akibat adanya aktivitas bakteri dalam plak sehingga menghasilkan

kondisi asam ($\text{pH} < 5,5$) di rongga mulut dapat menyebabkan demineralisasi pada struktur gigi (Efrida & Restina, 2016).

Menurut Lemos dkk. (2019) potensi bakteri *S. mutans* memiliki kemampuan sebagai bakteri patogen gigi dalam tiga aspek umum:

a. Sintetis Glukan

Sintesis glukan merupakan kemampuan bakteri *S. mutans* untuk mensintesis sejumlah besar polimer glukan ekstraseluler dari sukrosa yang berperan dalam membantu kolonisasi bakteri secara permanen pada permukaan keras gigi dan pengembangan matriks polimer ekstraseluler *in situ*. Menurut Lemos dkk. (2024), *S. mutans* mampu menyimpan cadangan glikogen internal dalam bentuk IPS (Polisakarida Intraseluler). Ketika inang sedang tidak mengonsumsi makanan (misalnya saat tidur atau puasa), bakteri memecah IPS ini untuk terus memproduksi asam, menghasilkan kondisi asam yang persisten pada gigi.

b. Asidogenisitas

Kemampuan asidogenik bakteri *S. mutans* yakni mengangkut dan memetabolisme berbagai macam karbohidrat menjadi asam organik.. Dalam Lemos dkk. (2024), Bakteri ini memiliki jalur glikolisis yang sangat cepat dan efisien untuk memfermentasi berbagai karbohidrat (sukrosa, glukosa, fruktosa) menjadi asam organik kuat, terutama asam laktat, yang menurunkan pH lingkungan biofilm secara drastis.

c. Asiduritas

Kemampuan *S. mutans* sebagai bakteri asidurik mampu tumbuh subur dalam kondisi lingkungan stres sekalipun, khususnya pH rendah. Menurut Krzyściak dkk. (2021), ketika lingkungan plak menjadi asam, sebagian besar

bakteri mulut yang menguntungkan akan terhambat atau mati. Sebaliknya, *S. mutans* mampu beradaptasi dan tetap tumbuh subur pada kondisi ekstrem tersebut.

Berdasarkan pendekatan *Ecological Plaque Hypothesis* modern, karies gigi timbul akibat ketidakseimbangan mikrobioma lokal yang dipicu oleh paparan asam yang sering (Budiani dkk., 2017). Ketika pH rongga mulut turun di bawah ambang batas kritis ($\text{pH biofilm} < 5,5$), maka jaringan keras gigi atau email akan mulai kehilangan mineralnya (demineralisasi). Jika kondisi asam ini dibiarkan berlangsung dalam periode waktu tertentu tanpa adanya remineralisasi yang seimbang, maka struktur klinis karies gigi akan terbentuk. Ditandai dengan jaringan keras gigi akan runtuh dan membentuk kavitas atau lubang pada gigi akibat karies (Pitts dkk., 2021).

2.3 Daun Mangga (*Mangifera indica* L. var. *manalagi*)

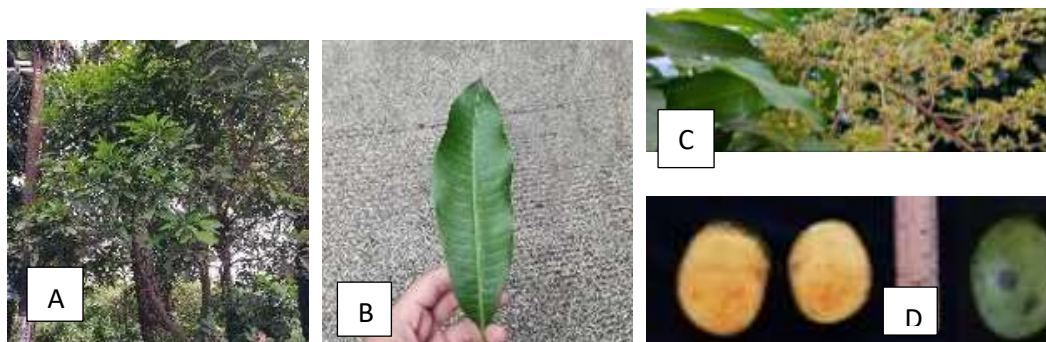
Suatu tanaman mengandung berbagai komponen kimia, baik senyawa yang berperan sebagai zat aktif dengan aktivitas farmakologis maupun senyawa nonaktif (ballast) yang tidak memberikan efek terapeutik secara langsung. Senyawa nonaktif tersebut umumnya berupa karbohidrat, protein, lipid, resin, pigmen seperti klorofil, dan komponen lainnya yang dapat memengaruhi proses isolasi serta analisis senyawa aktif (Harborne, 1998). Daun mangga (*Mangifera indica* L.) diketahui mengandung komponen resin dan klorofil yang dapat ikut terekstraksi bersama metabolit sekunder apabila tidak dilakukan proses pemurnian ekstrak (Kumar et al., 2021). Oleh karena itu, proses purifikasi ekstrak diperlukan untuk mengurangi kandungan senyawa nonaktif sehingga diperoleh ekstrak yang lebih kaya akan senyawa bioaktif. Purifikasi juga bertujuan meningkatkan kadar senyawa metabolit sekunder tertentu, seperti flavonoid, sehingga aktivitas biologis ekstrak dapat

meningkat. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Dewi dan Elya (2020), yang melaporkan bahwa proses purifikasi mampu meningkatkan kadar flavonoid dalam ekstrak sehingga berpengaruh terhadap peningkatan aktivitas biologinya.

Mangga (*Mangifera indica*) merupakan tanaman yang dapat tumbuh di berbagai belahan dunia, khususnya di daerah tropis. Adapun klasifikasi dari mangga adalah sebagai berikut (Parvez, 2016):

Kingdom : Plantae
 Divisi : Magnoliopsida
 Ordo : Sapindales
 Family : Anacardiaceae
 Genus : *Mangifera*
 Spesies : *Mangifera indica* L.

Berikut morfologi dari tanaman mangga (*Mangifera indica* L. var. Manalagi) sebagai karakter identifikasi tanaman sumber sampel daun yang digunakan dalam penelitian:



Gambar 2.4 Morfologi Tanaman Mangga (*Mangifera indica* L. var. manalagi) A) Pohon B) Daun (Ramadhan dkk., 2024) C) Bunga D) Buah (Sari dkk., 2024)

Pohon mangga manalagi (*Mangifera indica* L.) pertumbuhannya menyebar, bentuk batangnya bulat. Daunnya berwarna hijau tua mengkilap karakteristik varietas mangga manalagi, dengan tulang daun menyirip, bentuk daun lanset memanjang, ujung daun runcing, dan tepi daun rata (Ramadhan dkk., 2024). Bunga mangga manalagi tersusun dalam bentuk malai di ujung ranting berwarna putih kekuningan pada fase pembungaan. Penampang melintang buah matang berwarna kuning keemasan dengan serat halus, dengan warna kulit buah hijau meskipun telah matang (Sari dkk., 2024).



Gambar 2.5 Pohon, bunga, dan daun mangga manalagi fase berbunga (Dokumentasi pribadi, 2026)

2.4 Antibakteri

Senyawa antibakteri dapat berasal dari metabolit sekunder tumbuhan yang memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan atau membunuh mikroorganisme patogen. Berbagai senyawa seperti alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, dan fenolik telah dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri melalui mekanisme yang berbeda-beda, seperti merusak membran sel, menghambat sintesis dinding sel, maupun mengganggu metabolisme bakteri (Kumar dkk., 2021). Namun, zat antibiotik yang aman diaplikasikan pada manusia yakni yang memiliki sifat toksik selektif, artinya mampu membunuh mikroba namun tidak toksik terhadap inangnya. Sifat toksisitas selektif suatu agen antibiotik dengan menargetkan struktur atau proses metabolisme

yang khas pada bakteri, seperti dinding sel peptidoglikan, ribosom 70S, atau enzim tertentu yang tidak dimiliki oleh sel manusia (Murray dkk., 2023). Hal tersebut dapat meminimalisir efek samping yang membahayakan terutama jika diaplikasikan dalam bentuk obat dalam (Fitriana dkk., 2019).

Senyawa antibakteri adalah zat yang mampu menghambat pertumbuhan (bakteriostatik) maupun membunuh bakteri (bakteriosidal) melalui berbagai mekanisme kerja (Murray dkk., 2023). Aktivitas antibakteri dapat terjadi melalui kerusakan dinding sel, gangguan integritas dan permeabilitas membran sel, penghambatan sintesis protein, serta interferensi terhadap fungsi dan replikasi materi genetik bakteri. Mekanisme tersebut umumnya diawali dengan adsorpsi atau pelekatan senyawa antibakteri pada permukaan sel mikroorganisme, kemudian senyawa tersebut berdifusi ke dalam sel dan menyebabkan terganggunya struktur maupun fungsi fisiologis bakteri sehingga pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya terhambat (Brunton dkk., 2023).

Fluorida dikenal sebagai agen antikaries yang paling banyak digunakan dalam upaya pencegahan karies gigi dan merupakan komponen utama pada hampir seluruh pasta gigi modern. Senyawa fluorida yang sering digunakan meliputi natrium fluorida (NaF), monofluorofosfat (MFP), dan stannous fluoride (SnF) (American Dental Association, 2023). Efek protektif fluorida terhadap gigi terjadi melalui penggantian ion hidroksil pada kristal hidroksiapatit oleh ion fluorida, sehingga terbentuk fluorapatit yang lebih stabil dan lebih tahan terhadap kondisi asam. Dengan meningkatnya ketahanan email terhadap demineralisasi, risiko terjadinya karies dapat berkurang (Fejerskov dkk., 2024). Selain itu, fluorida juga memiliki kemampuan menghambat aktivitas bakteri kariogenik, sehingga

berkontribusi dalam pencegahan perkembangan karies gigi (Gendari & Yowani, 2022).

Ekstraksi adalah proses penarikan atau pengambilan senyawa aktif dari bahan (matriks) menggunakan pelarut tertentu. Pada proses ini, Pelarut berfungsi melarutkan senyawa target secara selektif sehingga diperoleh ekstrak yang mengandung metabolit sekunder dalam konsentrasi lebih tinggi (Azmir dkk., 2013). Zat aktif yang terkandung dalam tumbuhan dapat ditarik menggunakan pelarut tertentu sesuai tingkat kelarutannya melalui proses ekstraksi. Ada beberapa metode dari proses ekstraksi, salah satunya adalah maserasi (Rina, 2010).

Maserasi merupakan salah satu metode ekstraksi konvensional yang dilakukan dengan cara merendam simplisia dalam pelarut tertentu selama waktu tertentu agar senyawa aktif berdifusi dari jaringan tumbuhan ke dalam pelarut. Pelarut yang digunakan dipilih berdasarkan tingkat kepolaran senyawa target, seperti air, etanol, metanol, atau pelarut organik lainnya. Selama proses maserasi terjadi perpindahan massa akibat perbedaan konsentrasi antara senyawa yang terdapat di dalam sel tumbuhan dan pelarut, sehingga senyawa aktif secara bertahap larut ke dalam pelarut (Azmir dkk., 2013).

Keunggulan metode maserasi terletak pada kesederhanaan alat dan prosedur yang digunakan sehingga mudah diterapkan. Tidak memerlukan peralatan khusus, biaya relatif rendah, serta sesuai untuk mengekstraksi senyawa yang bersifat termolabil karena tidak menggunakan pemanasan. Akan tetapi, metode ini memerlukan waktu yang cukup panjang dan proses penyarian senyawa aktif sering kali tidak berlangsung secara maksimal, sehingga hasil ekstraksi yang diperoleh

dapat lebih rendah dibandingkan metode ekstraksi yang melibatkan pemanasan atau bantuan teknologi lainnya (Rina, 2010).

Air atau akuades merupakan pelarut yang bersifat sangat polar dan sering disebut sebagai *universal solvent* karena mampu melarutkan lebih banyak jenis senyawa dibandingkan pelarut lainnya. Kemampuan tersebut disebabkan oleh struktur molekul air yang bersifat polar dan mampu membentuk ikatan hidrogen dengan berbagai senyawa (Brown dkk., 2021). Namun demikian, tidak semua zat dapat larut dalam air. Senyawa yang memiliki sifat polar atau ionik, seperti garam, gula, dan beberapa metabolit sekunder, cenderung mudah larut dalam air sehingga disebut bersifat hidrofilik. Sebaliknya, senyawa nonpolar seperti minyak, lemak, dan lilin bersifat hidrofobik sehingga sukar larut dalam air. Kelarutan suatu senyawa ditentukan oleh kesesuaian sifat kepolaran antara zat terlarut dan pelarut (*like dissolves like*) (Petrucci dkk., 2022). Apabila gaya tarik antarmolekul antara zat terlarut dan air lebih lemah dibandingkan gaya tarik antarmolekul air itu sendiri, maka senyawa tersebut tidak akan larut dan cenderung mengendap atau membentuk fase terpisah (Rina, 2010).

Pemilihan pelarut merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan proses ekstraksi karena setiap pelarut memiliki kemampuan yang berbeda dalam melarutkan senyawa bioaktif. Pelarut air dipilih dalam penelitian ini karena bersifat aman, tidak toksik, mudah diperoleh, ekonomis, ramah lingkungan, serta mampu mengekstraksi senyawa metabolit sekunder yang bersifat polar, seperti fenol, flavonoid, tanin, saponin, dan sebagian alkaloid, yang diketahui berperan sebagai senyawa antibakteri (Azmir et al., 2013). Selain itu, beberapa penelitian melaporkan bahwa ekstrak air daun mangga masih mengandung senyawa

bioaktif utama, termasuk mangiferin, senyawa fenolik, dan flavonoid yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan antibakteri (Sferrazzo et al., 2022). Oleh karena itu, penggunaan air sebagai pelarut pada penelitian ini dinilai sesuai dengan tujuan untuk memperoleh ekstrak yang kaya akan senyawa polar yang berpotensi menghambat pertumbuhan bakteri karies.

2.5 Aktivitas Senyawa Metabolit Ekstrak Daun Mangga

2.5.1 Flavonoid

Flavonoid bekerja sebagai antibakteri melalui beberapa mekanisme, antara lain mengganggu integritas membran sel bakteri dengan berinteraksi terhadap protein ekstraseluler dan fosfolipid membran, menghambat sintesis asam nukleat, serta mengganggu metabolisme energi sel bakteri. Kerusakan membran tersebut menyebabkan kebocoran komponen intraseluler sehingga menghambat pertumbuhan bakteri (Kumar dkk., 2021). Sementara itu, fenol berperan menghambat aktivitas enzim penting, menyebabkan denaturasi protein, serta mengganggu permeabilitas membran sel bakteri. Kombinasi mekanisme tersebut dapat menghambat pertumbuhan bahkan menyebabkan kematian bakteri (Pramusita dkk., 2023).

Menurut Edward dkk., 2023 flavonoid sebagai antibakteri memiliki 3 aktivitas senyawa sebagai penghambat bakteri, yaitu:

- a. Menghambat fungsi membran sel, yaitu dengan merusak struktur membran sel bakteri melalui pembentukan kompleks antara senyawa antibakteri dan protein ekstraseluler. Interaksi tersebut menyebabkan gangguan pada integritas dan permeabilitas membran sel sehingga komponen intraseluler yang penting bagi kelangsungan hidup bakteri keluar dari sel. Kehilangan komponen esensial tersebut

mengakibatkan terganggunya proses metabolisme dan pada akhirnya dapat menyebabkan kematian sel bakteri.

b. Mengganggu metabolisme energi serta menghambat sintesis DNA, dengan cara berikatan pada asam nukleat melalui ikatan hidrogen maupun mekanisme interkalasi di antara pasangan basa DNA. Interaksi ini menyebabkan perubahan struktur dan stabilitas struktur DNA, sehingga proses replikasi dan ekspresi gen terganggu. Dampaknya, aktivitas fisiologis bakteri terhambat dan sel kehilangan kemampuan untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya.

c. Mengganggu metabolisme energi sel, terutama melalui penghambatan sistem respirasi yang berperan dalam pembentukan energi. Energi yang dihasilkan melalui proses respirasi sangat diperlukan untuk sintesis makromolekul, transport aktif, dan berbagai proses metabolisme lainnya. Oleh karena itu, gangguan pada sistem respirasi akan menyebabkan defisiensi energi yang berdampak pada terhambatnya pertumbuhan, aktivitas metabolik, dan viabilitas sel bakteri.

2.5.2 Alkaloid

Alkaloid merupakan metabolit sekunder yang memiliki karakteristik berupa atom nitrogen (N) dalam struktur kimianya. Senyawa ini diketahui mampu menghambat pertumbuhan bakteri melalui berbagai mekanisme, sehingga berpotensi terhadap aktivitas antibakteri (Rohama dkk., 2023). Mekanisme kerja alkaloid sebagai antibakteri dapat berlangsung melalui beberapa jalur, antara lain mengganggu sintesis peptidoglikan dinding sel, meningkatkan permeabilitas membran sel, menghambat replikasi DNA, serta menghambat aktivitas enzim penting seperti DNA-topoisomerase pada jenis alkaloid tertentu. Gangguan terhadap proses tersebut menyebabkan terganggunya metabolisme, pembelahan sel,

dan sintesis materi genetik bakteri sehingga pertumbuhan bakteri terhambat atau sel mengalami kematian (Kumar dkk., 2021).

Alkaloid merupakan salah satu golongan metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antibakteri melalui berbagai mekanisme kerja. Beberapa jenis alkaloid dilaporkan dapat menghambat sintesis peptidoglikan pada dinding sel bakteri. Peptidoglikan merupakan komponen utama penyusun dinding sel yang berfungsi mempertahankan bentuk sel, memberikan kekuatan mekanik, serta melindungi bakteri dari tekanan osmotik. Gangguan terhadap pembentukan peptidoglikan menyebabkan dinding sel tidak terbentuk secara sempurna sehingga integritas sel menurun, sel menjadi mudah mengalami lisis, dan akhirnya bakteri mengalami kematian (Murray dkk., 2023). Selain itu, beberapa alkaloid juga diketahui dapat mengganggu permeabilitas membran sel serta menghambat replikasi DNA, sehingga semakin meningkatkan aktivitas antibakterinya (Rohama dkk., 2023).

2.5.3 Tanin

Tanin memiliki aktivitas antibakteri dengan merusak struktur atau bentuk bakteri dengan cara mengganggu pembentukan dinding sel polipeptida, sehingga sel bakteri menjadi lisis dan mengalami kematian. Hal ini berhubungan dengan kemampuan senyawa tanin dalam menonaktifkan enzim dan adhesi sel mikroba, sehingga menyebabkan gangguan pada proses transport protein di lapisan dalam sel. Menurut Vina, dkk. (2020) tanin pada tanaman berfungsi sebagai pelindung dari hama serangga. Sedangkan fungsinya sebagai antibakteri, tanin berperan dalam pembekuan protein dinding sel organisme patogen. Ni Putu, dkk. (2023) menambahkan tentang aktivitas senyawa tanin dalam konsentrasi rendah mampu menghambat pertumbuhan bakteri, sedangkan pada konsentrasi tinggi bekerja

dengan membentuk ikatan yang stabil dengan protein bakteri. Sehingga protoplasma bakteri terkoagulasi.

2.5.4 Saponin

Senyawa saponin memiliki peran dalam kematian sel bakteri *S. mutans* yang bertindak sebagai surfaktan atau sabun/detergen. Aktivitas senyawa dalam merusak lapisan batas sel bakteri melalui ikatan gugus saponin polar dengan polisakarida dan peptidoglikan. Selain itu, gugus saponin non-polar dengan asam lipoteikoat/LTA (polimer dinding sel utama bakteri gram positif) yang menyebabkan gangguan pada permeabilitas sel, fungsi sel, lisis sel dan mengakibatkan kematian sel (Pramusita dkk., 2023).

Aktivitas antibakteri saponin terjadi melalui kerusakan membran sel bakteri. Saponin dapat berikatan dengan protein porin pada membran luar sehingga mengganggu fungsi membran sebagai pengatur keluar masuknya zat. Selain itu, saponin juga menyebabkan peningkatan permeabilitas membran sitoplasma yang mengakibatkan kebocoran komponen intraseluler. Kehilangan komponen penting sel tersebut menyebabkan terganggunya aktivitas metabolisme dan akhirnya mengakibatkan kematian sel bakteri (Edward dkk., 2023).

2.5.5 Mangiferin

Mangiferin adalah senyawa C-glukosaksanton yang terbentuk secara alami. Rumus molekulnya $C_{19}H_{18}O_{11}$, dengan berat molekul 422.35, dan titik leleh anhidrat pada 271°C. Senyawa aktif fitokimia ini dilaporkan terkandung dalam berbagai tanaman mangga yang merupakan sumber utama mangiferin (Mahdiyah dkk., 2020). Potensi yang besar dalam mengobati berbagai penyakit sebab memiliki banyak aktivitas biologis, dan tidak memiliki toksisitas. Pada mangga, mangiferin

dapat ditemukan sebagai kristal pada bagian daun, inti (buah), kulit batang, dan bijia buah. Mangiferin sedikit larut dalam pelarut polar, seperti etanol dan air, namun tidak larut dalam beberapa pelarut non-polar (misal, n-heksana atau dietil eter). Dalam air mangiferin memiliki tingkat kelarutan sebesar 0,111 mg/mL (Morozkina dkk., 2021). Tingkat kelarutan yang rendah ini menyebabkan terbatasnya peran atau aplikasi senyawa ini (Zivcovic dkk., 2024).

Mangiferin merupakan zat polifenol yang terdiri dari 2 senyawa kimia aromatik yang berbeda, yaitu *shikimate* dan *ketate*. Zat ini telah teruji memiliki aktivitas antibakteri, diantaranya, *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Staphylococcus*, dan *Pseudomonas*. Konsentrasi mangiferin yang tinggi dalam ekstrak daun mangga memiliki berbagai aktivitas farmakologis (Pramusita dkk., 2023).

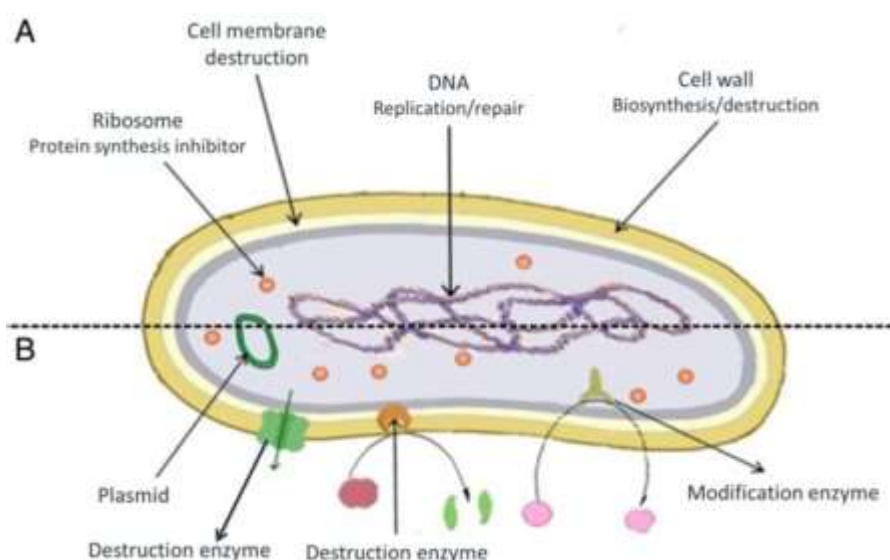
Senyawa mangiferin merupakan senyawa aktif khas yang dimiliki setiap spesies mangga. Efektivitas senyawa ini dalam bidang farmakologi diantaranya sebagai antibakteri, antijamur, antivirus, antitumor, imunomodulator, antiHIV, antidiabetik, antioksidan, anthelmintik, antialergi, antiinflamasi, aktivitas penginduksi makrofag (Singh dkk., 2009). Dalam aktivitasnya sebagai antibakteri, mangiferin memiliki peran dalam menghambat replikasi sel pada bakteri (Yulia & Riza, 2023).

2.6 Mekanisme Kerja Antibakteri

Besarnya aktivitas antibakteri suatu ekstrak dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis bakteri uji, kandungan metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antibakteri, konsentrasi ekstrak, serta kemampuan senyawa aktif berdifusi pada media uji. Senyawa antibakteri bekerja dengan cara berinteraksi dengan sel bakteri sehingga mengganggu fungsi fisiologisnya, termasuk merusak dinding dan

membran sel, menghambat sintesis protein, serta mengganggu sintesis asam nukleat. Gangguan pada berbagai komponen sel tersebut menyebabkan pertumbuhan bakteri terhambat atau mengalami kematian (Dini dkk., 2024).

Aktivitas agen antibakteri sebagian besar disebabkan oleh dua mekanisme, yaitu mengganggu secara kimiawi produksi atau fungsi komponen bakteri esensial, dan menghindari mekanisme resistensi antibakteri konvensional. Berikut ilustrasi mekanisme aktivitas antibakteri terhadap target dalam Halawa dkk. (2024):



Gambar 2. Interaksi antara bakteri dan antibiotik (A) target dan mekanisme aksi antibakteri, (B) mekanisme resistensi antibiotik

Bagian atas menunjukkan titik-titik lemah bakteri yang diserang oleh antibiotik: dinding sel (*cell wall*); menghambat biosintesis atau menghancurkan struktur dinding sel, membran sel (*cell membrane*); merusak integritas membran untuk menyebabkan kebocoran sel, ribosom; menghambat sintesis protein yang penting untuk kehidupan bakteri, DNA; mengganggu proses replikasi atau perbaikan materi genetik. Bagian bawah menunjukkan pertahanan bakteri dari serangan tersebut: enzim penghancur (*destruction enzyme*); bakteri memproduksi

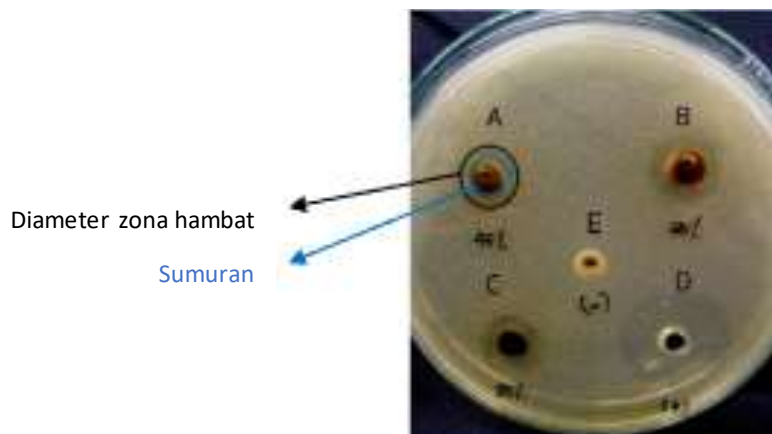
enzim yang secara aktif memecah atau menonaktifkan molekul antibiotik sebelum bekerja, enzim modifikasi (*modification enzyme*); mengubah struktur antibiotik atau targetnya sehingga antibiotik tidak lagi bisa mengenali atau menempel pada bakteri, plasmid; potongan kecil DNA sirkular yang sering membawa gen resistensi dan dapat ditransfer antar bakteri serta mempercepat penyebaran kekebalan terhadap obat (Halawa dkk., 2024).

2.7 Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan berdasarkan hasil zona hambat difusi sumuran. Difusi sumuran merupakan salah satu teknik yang banyak digunakan untuk menguji aktivitas antimikroba senyawa yang berasal dari tanaman. Prinsip metode ini dilakukan dengan menginokulasikan suspensi mikroba pada permukaan media agar yang telah disiapkan. Selanjutnya, dibuat sumuran pada media agar secara aseptis menggunakan alat pelubang (cork borer) dengan diameter sekitar 6–8 mm sesuai kebutuhan penelitian. Sumuran tersebut digunakan sebagai tempat penambahan larutan uji, kontrol positif dan kontrol negatif dengan volume tertentu yang ukurannya sama setiap sumur/lubang. Umumnya berkisar antara 20–100 μL . Pengukuran dilakukan dari dasar cawan petri dengan jangka sorong (Saputera dkk., 2019).

Setelah proses aplikasi sampel, media diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Atau disesuaikan dengan kondisi pertumbuhan mikroorganisme yang diuji. Selama masa inkubasi, senyawa antimikroba akan berdifusi ke dalam media agar dan menghambat pertumbuhan bakteri di sekitarnya. Aktivitas penghambatan ditunjukkan oleh terbentuknya zona bening di sekitar sumuran, yang kemudian diamati dan diukur diameternya menggunakan jangka sorong. Semakin tinggi

konsentrasi antibiotik atau ekstrak antibakteri yang digunakan, umumnya semakin besar pula diameter zona hambat yang terbentuk (Govanni dkk., 2023).



Gambar 2.6 Zona hambat antibakteri metode sumuran (Sumiati dkk., 2019)

Pemilihan metode sumuran dalam penelitian ini didasari pada sampel yang diuji berupa ekstrak air daun mangga. Metode sumuran memungkinkan volume ekstrak yang lebih besar masuk ke media sehingga senyawa aktif dapat berdifusi langsung ke agar. Selain itu, metode ini banyak digunakan dalam penelitian ekstrak tanaman karena lebih sesuai untuk ekstrak kasar dibandingkan metode cakram. Karena pada metode sumuran ekstrak ditempatkan langsung ke dalam lubang agar sehingga kontak antara ekstrak dan media lebih optimal (Shijila & Shenthilkumar, 2021).

2.8 Uji Standar Kekeruhan Turbidimetri

Turbidimetri adalah metode penghitungan bakteri yang didasarkan pada pengukuran tingkat kekeruhan suspensi mikroba menggunakan alat spektrofotometer. Prinsip pengukuran turbidimetri didasarkan pada kemampuan sel bakteri dalam menyerap dan menghamburkan cahaya yang melewati suspensi.

Intensitas cahaya yang diteruskan kemudian diukur menggunakan spektrofotometer dan dinyatakan sebagai nilai absorbansi (*Optical Density/OD*) pada panjang gelombang tertentu, umumnya $\lambda = 625 \text{ nm}$. Semakin tinggi nilai kekeruhan yang terukur, semakin besar jumlah sel bakteri yang terdapat dalam larutan, artinya semakin tinggi pula nilai absorbansi (OD) yang terbaca. Nilai OD pada rentang 0,08–0,1 secara ekuivalen teoritis setara dengan jumlah kerapatan sel bakteri sebesar $1,5 \times 10^8 \text{ CFU/ml}$, dan dinyatakan sesuai dengan skala larutan standar McFarland 0,5 (Rosmania & Yanti, 2020).

2.9 Integrasi Kajian Islam

2.9.1 Allah Menciptakan Tanaman Obat

Tidak sedikit penyebutan tumbuhan dalam Al-Qur'an dan Hadis sebagai bukti kekuasaan Allah dan perumpamaan untuk menyampaikan suatu hikmah. Beberapa tumbuhan dan buah-buahan disebutkan namanya jelas dalam Al-Qur'an dan Hadis. Bahkan bukan sekedar penyebutan, melainkan penjelasan terkait fungsi dan manfaat yang terkandung di dalamnya yang berguna bagi makhluk hidup lainnya. Oleh karena itu, dalam hal ini peran tumbuhan sebagai *syifa'* (obat). *Syifa'* juga merupakan nama lain dari Al-Qur'an dari aspek fungsinya (Rifaanudin, 2022).

وَنَزَّلُ مِنَ الْقُرْآنِ مَا هُوَ شِفَاءٌ وَرَحْمَةٌ لِّلْمُؤْمِنِينَ وَلَا يَرْزِقُ الظَّالِمِينَ إِلَّا خَسَارًا ﴿٨٢﴾

Artinya: “Kami turunkan dari Al-Qur'an sesuatu yang menjadi penawar dan rahmat bagi orang-orang mukmin, sedangkan bagi orang-orang zalim (Al-Qur'an itu) hanya akan menambah kerugian.” (QS. Al-Isra [17]: 82)

Al-Qur'an sebagai penawar dapat menyembuhkan penyakit hati. Ibnu Katsir menjelaskan bahwa makna dari QS. Al-Isra ayat 82 bahwasanya Al-Qur'an

dapat menghilangkan segala penyakit yang ada didalam hati, seperti *syakk* (keraguan), *nifaq* (kemunafikan), *syirik* (penyekutuan terhadap Allah), *zaig* (penyimpangan dari kebenaran), dan *mail* (kecenderungan pada keburukan). Selain itu, makna penawar sebagai obat dari penyakit zahir yang mengganggu kesehatan jiwa dan raga, seperti pusing, demam, infeksi, dan sebagainya. Dalam hal ini, obat yang bisa dimanfaatkan dapat diambil dari tumbuhan yang ada di bumi. Karena kandungan senyawa atau zat pada tiap bagian tumbuhan memiliki khasiatnya sendiri sebagai penawar alternatif yang memungkinkan memiliki efek samping kecil karena terbuat dari herbal (Rifaanudin, 2022).

2.9.2 Perintah Berobat (Setiap Penyakit ada Obatnya)

Apabila seseorang mengalami kondisi kurang sehat, maka dianjurkan untuk segera berobat, baik secara modern atau tradisional. Pengobatan secara tradisional umumnya dengan memanfaatkan bahan-bahan herbal seperti bagian tanaman tertentu (daun, bunga, batang, biji, buah dan akar) kemudian diolah menjadi obat atau penawar yang dapat meringankan, menghilangkan atau menyembuhkan penyakit. Obat-obatan herbal bersifat organik atau alami, yang diketahui dari proses identifikasi dan pengamatan manusia terhadap senyawa yang terkandung didalamnya (Islami, 2022). Sehingga tidak ada penyakit tanpa penawar, kecuali tua dan mati. Imam Abu Daud meriwayatkan sebuah hadis terkait perintah berobat, Rasulullah bersabda:

إِنَّ اللَّهَ تَعَالَى أَنْزَلَ الدَّاءَ وَالِدَّاءَ وَجَعَلَ لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءً فَتَدَاوَوْا وَلَا تَدَاوَوْا بِالْحُرَامِ

Artinya: “Sesungguhnya Allah menurunkan penyakit dan obatnya dan menjadikan bagi setiap penyakit ada obatnya. Maka berobatlah kalian, dan jangan kalian berobat dengan yang haram.”

Hukum berobat berdasarkan hadis tersebut menjadi wajib, sebab adanya perintah Rasulullah untuk berobat, yakni *fa tadaawau* (maka berobatlah kalian). Sebagaimana disebutkan bahwa asal hukum perintah itu adalah wajib. Pendapat ini sesuai dengan mazhab Malikiyah, Syafi’iyah, dan Hambali. Kemudian ditegaskan lagi bahwasanya keharusan berobat ketika sakit dengan tetap mempertimbangkan unsur-unsur kehalalannya. Sebagai muslim sangat perlu diperhatikan halal haramnya dalam mengonsumsi sesuatu, termasuk dalam berobat. Baik dari materi obat maupun tatacara memperolehnya (Fahmi, 2021).

2.9.3 Perintah Meneliti Tanaman Obat

Hakim dan Ibnu Hibban meriwayatkan hadis yang bersumber dari Ibnu Mas’ud, Rasulullah bersabda:

وروى حكيم وابن حبان من حديث ابن مسعود قال رسول الله: " ما أنزل الله داءً إلا

أنزل الله دواءً لشفائه! لكن المشكلة هي أن هناك من لا يعرف عن هذا الدواء، وكثير

من الناس لا يعرفون عنه

Artinya: “Allah tidak menurunkan penyakit kecuali Allah turunkan pula obat untuk menanganinya. Tetapi kendalanya, ada yang tidak mengetahui obat tersebut, dan banyak juga yang tidak mengetahuinya.”

Nabi tak melarang seseorang yang sakit untuk berobat. Sebab, berobat merupakan bentuk ikhtiar untuk segera sembuh dari penyakit. Berdasarkan hadis tersebut tidak semua obat sudah terdeteksi dan teruji khasiatnya. Perlu dilakukan pengamatan dan penelitian lebih lanjut untuk membuktikannya. Terutama dalam memanfaatkan bahan dari alam langsung, yang banyak yakni tumbuhan. Salah satunya dengan dilakukan uji keefektivitasan kandungan bahan obat sehingga bisa dimanfaatkan manusia dan tidak menimbulkan efek samping berbahaya (Badrudin, 2020).

Dalil tersebut juga menunjukkan bahwa Islam memberikan dorongan yang kuat kepada umat manusia untuk melakukan pengamatan, pengkajian, dan penelitian terhadap berbagai fenomena yang terjadi di alam semesta. Segala sesuatu yang terdapat dalam diri manusia maupun yang berada di lingkungan sekelilingnya memiliki potensi untuk dijadikan objek kajian ilmiah guna memperoleh pengetahuan dan kemaslahatan bagi kehidupan. Oleh karena itu, ayat-ayat tersebut dapat memberikan legitimasi dan dukungan terhadap kegiatan penelitian dalam Islam, sehingga aktivitas ilmiah dipandang sebagai salah satu bentuk ikhtiar mengenal kekuasaan Allah SWT (Fahmi, 2021).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimental laboratorium secara *in vitro* dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor. Faktor yang diteliti berupa konsentrasi ekstrak air daun mangga (*Mangifera indica* L. var. manalagi) dengan lima konsentrasi (10%, 25%, 50%, 75%, dan 100%). Selain itu, terdapat kelompok kontrol, yakni kontrol positif *Chlorhexidine* 2% dan kontrol negatif berupa akuades steril tanpa ekstrak. Setiap perlakuan dan kontrol diulang sebanyak empat kali. Variabel-variabel tersebut dibuat sama pada setiap perlakuan untuk meminimalkan pengaruh faktor luar terhadap hasil penelitian.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari- Juni 2026. Kegiatan eksperimen dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan dan Mikrobiologi Program Studi Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Selain itu, dilakukan proses rotav di Laboratorium Universitas Islam Malang pada bulan Februari 2026. Perlakuan dan pengamatan respon biologis dilakukan secara terkontrol sesuai rancangan penelitian yang telah ditetapkan.

3.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan tiga jenis variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi ekstrak air daun mangga manalagi yang dibuat dengan lima varian konsentrasi yaitu 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100%.

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah reaksi dari ekstrak daun mangga setelah dilakukan uji fitokimia kualitatif untuk mengetahui ada tidaknya kandungan senyawa metabolit sekundernya, dan diameter zona hambat berupa zona bening yang terbentuk di sekitar sumuran (mm) untuk mengetahui aktivitas antibakteri pada media uji setelah proses inkubasi.

3.3.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol dari penelitian ini berupa suhu inkubasi (37°C), lama inkubasi (24 jam), ketebalan media agar, kepadatan dan volume suspensi bakteri yang diinokulasi, diameter sumuran dan volume ekstrak yang dimasukkan ke lubang/sumuran.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven (Thermo Scientific Heraeus), blender, timbangan analitik (Ohaus, Amerika Serikat), toples maserasi, batang pengaduk, kertas saring (*whapman* No.1), erlenmeyer (Pyrex, Amerika Serikat), *rotary evaporate* (IKA RV 10 Digital), autoklaf (ALP, Jepang), *laminar air flow* (LAF), cawan petri (Pyrex, Amerika Serikat), *hotplate magnetic stirrer* (Thermo Scientific), *cotton swab*, ose, pinset, bunsen, korek, inkubator (Memmert), gelas ukur (Pyrex, Amerika Serikat), tabung reaksi (Pyrex, Amerika

Serikat), rak tabung reaksi, tabung durham, pipet, mikropipet (Dragon lab, China), *blue-tip*, mikrotube, vortex (Barnstead International), jangka sorong manual (Tricle Brand, China), spidol, plastik wrap, aluminium foil, plastik, kertas HVS, penggaris, kertas label, isolasi.

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biakan murni bakteri *Streptococcus mutan*, daun mangga (*Mangifera indica*), aquades (sebagai pelarut dan kontrol negatif), alkohol 70% sebagai antiseptik, media BHI-B (*Brain Heart Infusion – Broth*) dan BHI-A (*Brain Heart Infusion – Broth*), larutan BaCl₂ 1% dan larutan H₂SO₄ 1% (untuk membuat larutan uji standar kekeruhan Mc Farland), NaCl fisiologis, larutan violet dan iodin, hidrogen peroksida (H₂O₂), antibiotik *Chlorhexidine* (sebagai kontrol positif), bahan uji fitokima (FeCl₃, NaOH 10%, dragendorff, NaCl 10%, gealtin 1 %).

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi diawali dengan pencucian seluruh alat hingga bersih, kemudian dikeringkan sebelum digunakan. Setelah itu, alat dan bahan yang diperlukan disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan sekitar 1 atm selama kurang lebih 15 menit. Proses sterilisasi ini bertujuan untuk menghilangkan atau mematikan seluruh mikroorganisme yang dapat mengkontaminasi sampel maupun media selama penelitian berlangsung.

3.5.2 Ekstraksi Daun Mangga

Daun mangga diambil dari pohon yang masih dalam masa berbunga, karena senyawa aktifnya lebih banyak dibandingkan daun mangga dari pohon yang sudah

berbuah. Ciri khas daun mangga yang digunakan yakni berwarna hijau mengkilap dan tidak terdampak penyakit atau hama. Proses panen dilakukan di pagi dan sore hari.

Disortasi daun mangga yang didapat, dipotong tangkainya, lalu dicuci dengan air mengalir, kemudian ditiriskan dan diangin-anginkan. Setelah itu, dikeringkan menggunakan oven. Pada penelitian ini, dilakukan beberapa perlakuan untuk mendapat sampel kering daun mangga. Pertama, dilakukan oven di laboratorium fisiologi tumbuhan pada suhu 40-60 °C selama 1x24 jam. Pengeringan kedua dilakukan di laboratorium fisiologi hewan dengan suhu oven 47 °C selama 3 jam. Suhu dan lama pengovenan disesuaikan sehingga tidak merusak senyawa aktif pada simplisia yang didapat. Simplisia daun mangga kemudian diblender hingga menjadi serbuk.

Pembuatan ekstrak air dilakukan dengan metode maserasi. Serbuk simplisia direndam dalam pelarut aquades dengan perbandingan 1:10. Digunakan sebanyak 100 gram serbuk simplisia yang direndam menggunakan pelarut akuades sebanyak 1 liter. Proses perendaman dilakukan selama 3x24 jam dalam wadah tertutup gelap. Dilakukan pengadukan setiap hari, dengan tujuan menjaga ekstrak tetap homogen selama proses maserasi dan menghindari pengendapan di dasar wadah.

Hasil maserasi berupa endapan simplisia dan maserat berwarna hijau pekat agak kecoklatan. Maserat disaring menggunakan kertas saring agar terpisah dari ampas simplisia. Kemudian dilakukan rotav menggunakan alat *rotary evaporator* untuk mendapatkan ekstrak kental. Proses rotav membutuhkan waktu cukup lama karena pelarut akuades memiliki titik didih yang tinggi. Suhu rotav yang digunakan yakni 80 °C hingga didapat ekstrak yang kental seperti madu ($\pm$ 6 jam). Hasil

ekstrak kental yang didapat sebanyak 14,227 gram berwarna hitam kehijauan dan berbau khas.

3.5.3 Uji Fitokimia Ekstrak Air Daun Mangga Manalagi

Uji fitokima dilakukan untuk mengidentifikasi secara kualitatif kandungan senyawa metabolit sekunder yang terdapat dalam ekstrak air daun mangga (*Mangifera indica* L. var. Manalagi). Dilakukan dengan mengamati perubahan yang terjadi pada ekstrak setelah ditetesi reagen pereaksi yang sesuai dengan senyawa yang ditargetkan.

a. Uji Alkaloid

Sebanyak 1 mL ekstrak air daun mangga manalagi dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 1 mL larutan HCl 2 N dan dipanaskan selama 2 menit. Setelah dingin, larutan disaring dan filtrat ditambahkan 3 tetes pereaksi Mayer. Terbentuknya endapan putih atau kekuningan menunjukkan hasil positif mengandung alkaloid.

b. Uji Flavonoid

Sebanyak 1 mL ekstrak dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan NaOH 0,1 N sebanyak 1 mL. Terjadinya perubahan warna menjadi kuning pekat menunjukkan hasil positif mengandung flavonoid.

c. Uji Saponin

Sebanyak 1 mL ekstrak dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 8 mL akuades. Larutan kemudian dikocok kuat selama 30 detik dan didiamkan selama 10 menit. Terbentuknya busa stabil dengan tinggi sekitar 1 cm atau lebih menunjukkan hasil positif mengandung saponin.

d. Uji Tanin

Sebanyak 1 mL ekstrak ditambahkan 2–3 tetes larutan FeCl_3 1%. Terbentuknya warna hijau kehitaman atau biru kehitaman menunjukkan hasil positif mengandung tanin.

e. Uji Fenol

Sebanyak 1 mL ekstrak ditambahkan beberapa tetes larutan FeCl_3 1%. Terbentuknya warna hijau tua menunjukkan adanya senyawa fenolik dalam ekstrak.

f. Uji Mangiferin

Sebanyak 1 mL ekstrak ditambahkan 1 tetes NaOH 0,1 N, kocok perlahan amati perubahan warna, lalu masukkan tabung reaksi ke penagas air suhu 60°C . setelah 2 menit angkat dan dinginkan 30 detik. Perubahan warna menjadi kuning pucat sebelum proses pemanasan dan berubah menjadi jingga/oren muda setelah pemanasan menunjukkan hasil positif mangiferin pada ekstrak.

3.5.4 Pembuatan Variasi Konsentrasi Ekstrak Uji Daun Mangga

Ekstrak air daun mangga yang telah diperoleh selanjutnya dibuat dalam beberapa variasi konsentrasi untuk digunakan pada uji aktivitas antibakteri terhadap *Streptococcus mutans*. Konsentrasi ekstrak yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100% (v/v). Pembuatan konsentrasi dilakukan berdasarkan rumus berat per volume (v/v), yaitu:

$$\% \text{ (v/v)} = \frac{\text{volume ekstrak (mL)}}{\text{Volume larutan (mL)}} \times 100\%$$

Larutan ekstrak dibuat dengan melarutkan sejumlah ekstrak ke dalam akuades steril hingga mencapai volume akhir yang telah ditentukan. Pada penelitian ini, setiap konsentrasi dibuat sebanyak 2 mL. Perhitungan jumlah ekstrak yang diperlukan untuk masing-masing konsentrasi dilakukan menggunakan rumus:

$$V_1 \text{ (mL)} = \frac{C_2 \times V_2 \text{ (mL)}}{C_1}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, kebutuhan ekstrak untuk setiap konsentrasi disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Pembuatan variasi konsentrasi ekstrak daun mangga

Konsentrasi (%) v/v	Volume ekstrak	Akuades hingga volume akhir
100	2 mL	2 mL
75	1,5	2 mL
50	1	2 mL
25	0,5	2 mL
10	0,2	2 mL

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 3.1, sebanyak 2 mL ekstrak digunakan sebagai larutan uji 100%. Larutan dengan konsentrasi 75%, 50%, 25%, dan 10%, dibuat dengan mengambil volume ekstrak sesuai perhitungan sebelumnya. Kemudian ditambahkan akuades steril hingga mencapai volume akhir 2 mL. Selanjutnya masing-masing larutan dihomogenkan menggunakan vortex mixer hingga diperoleh larutan yang homogen.

3.5.5 Pembuatan Media Kultur Bakteri

Pada penelitian ini, menggunakan media kultur *Brain Heart Infusion Agar* (BHIA) untuk menumbuhkan bakteri karies gigi. Dibuat sebanyak 5 gram serbuk BHIA yang dilarutkan dalam 100 mL akuades ke dalam erlenmeyer sebagai wadah pencampuran. Larutan media kemudian dimasak menggunakan alat *hotplate magnetic stirrer* hingga seluruh komponen media terlarut dan homogen. Selanjutnya, media disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15-20 menit sebelum digunakan dalam proses kultur bakteri.

3.5.6 Isolasi Bakteri

Media agar yang masih cair dituangkan ke cawan petri kurang lebih 15-20 mL dan diamkan hingga memadat. Diambil sampel bakteri dari gigi yang terdampak karies menggunakan *cotton swab* secara aseptis, lalu digoreskan pada media agar. Kemudian inkubasi selama 24 jam dengan suhu 37 °C. Menurut Budiani dkk. (2017) bakteri tumbuh optimal pada suhu tubuh manusia, yaitu sekitar 37 °C. Tetapi pertumbuhannya di laboratorium akan jauh lebih optimal jika diinkubasi dalam kondisi kapnofilik (suasana kaya CO₂ sekitar 5%) (Lemos dkk., 2024). Setelah tumbuh, dilakukan identifikasi secara makroskopis, mikroskopis, dan uji biokimia. Selanjutnya, bisa dibuat sediaan kultur murni pada media agar miring.

3.5.7 Identifikasi Bakteri

a. Pewarnaan Gram

Diambil isolat bakteri murni dari sediaan agar miring menggunakan jarum ose secara aseptis. Goreskan pada kaca preparat steril. Kemudian tetesi dengan kristal violet, diamkan 1 menit, lalu airkan dengan akuades. Selanjutnya tetesi dengan larutan iodin pada goresan, diamkan 1 menit, lalu dialiri akuades. Dianginkan hingga kering. Kemudian amati hasil di bawah mikroskop.

b. Uji Katalase

Diambil isolat bakteri murni dari sediaan agar miring menggunakan jarum ose secara aseptis. Goreskan pada kaca preparat steril. Uji katalase dilakukan dengan meneteskan larutan hidrogen peroksida (H₂O₂) 3% pada goresan bakteri. Amati terbentuknya gelembung pada preparat.

c. Uji Fermantsi

Dibuat media kaldu dengan melarutkan media TSB 0,30 gram dengan akuades 10 mL lalu tambahkan sukrosa 1% sebanyak 0,10 gram dan diberi 2 tetes larutan *phenol red* sebagai indikator pH, kemudian homogenkan semua campuran dengan ciri berwarna merah. Masukkan tabung durham dalam posisi terbalik ke dalam media, lalu disterilkan menggunakan autoklaf. Setelah media dingin, diinokulasikan bakteri pada salah satu media sedangkan media kontrol tidak. Akan terjadi perubahan warna pada media yang mendapat perlakuan inokulasi bakteri setelah inkubasi 12 jam. Selain itu, dilihat ada tidaknya gas dalam tabung durham dengan terbentuknya gelembung.

3.5.8 Pembuatan Larutan Standar Metode Turbidimetri

Dibuat larutan standar kekeruhan bakteri turbidimetri menggunakan alat UV-Fis Spektrofotometer. Proses ini dilakukan di laboratotium UV-Fis Program Studi Kimia UIN Malang. Disiapkan 3 larutan sampel menggunakan NaCl fisiologis, 2 sampel uji dan 1 blanko. Masing-masing tabung reaksi diisi dengan NaCl sebanyak 10 mL. Setelah diisi NaCl, masukkan koloni bakteri uji pada 2 tabung uji, sampel blanko diisi NaCl saja. Sampel uji yang sudah diinokulasikan bakteri di vortex sampai homogen hingga tidak ada gumpalan dari bakteri ujinya. Kemudian lakukan spektrofotometri dengan ketentuan panjang gelombang $OD_{600} = 0,08 - 0,1$.

3.5.9 Uji Antibakteri Menggunakan Difusi Sumuran

Disiapkan media agar pada cawan petri sebanyak 20 mL media BHI-A dan diratakan dengan cara diputar diatas meja, setelah itu didiamkan pada suhu ruang di bawah LAF dekat api bunsen sampai media benar-benar memadat. Selanjutnya, disuspensikan bakteri yang sudah sesuai dengan standar kekeruhan sebanyak 100

μL menggunakan mikropipet pada permukaan agar. Kemudian diratakan suspensi bakteri dengan spreader sampai merata ke semua permukaan agar. Diamkan dahulu kurang lebih 15-30 menit sampai permukaan agar tidak basah dan bakteri terinokulasi. Setelah kering, lubangi media menggunakan cork borer diameter 6 mm steril secara aseptis. Lubang/sumur dibuat 4 untuk tempat ekstrak masing-masing konsentrasi dalam satu cawan petri, sebagai perlakuan dengan 4 kali ulangan. Diisi lubang yang telah dibuat dengan ekstrak sebanyak 30-50 μL tiap sumuran sesuai konsentrasi yang dibuat. Diamkan sampai ekstrak benar-benar terdifusi ke agar. Kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam.

3.6 Analisis data

Analisis data dari setiap hasil uji dilakukan secara deskriptif kuantitatif. Senyawa bioaktif dianalisis dengan uji fitokimia secara kualitatif. Reaksi ekstrak terhadap reagen akan diamati untuk mengetahui kandungan metabolit sekundernya. Kepekaan bakteri terhadap ekstrak antibakteri dievaluasi berdasarkan terbentuknya zona hambat berupa daerah jernih di sekitar sumuran pada media kultur. Zona hambat tersebut menunjukkan kemampuan senyawa antibakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri uji. Besarnya aktivitas antibakteri dinyatakan sebagai diameter zona hambat yang diukur dalam satuan milimeter (mm) menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,05 mm.

Data hasil uji fitokimia dianalisis secara kualitatif berdasarkan reaksi yang ditimbulkan setelah penambahan pereaksi spesifik pada masing-masing golongan senyawa metabolit sekunder. Parameter yang diamati meliputi perubahan warna, terbentuknya endapan, dan terbentuknya busa yang stabil sesuai dengan indikator pada setiap pengujian. Pengamatan dilakukan secara visual menggunakan indera

penglihatan (mata telanjang). Hasil pengujian dinyatakan positif apabila menunjukkan perubahan atau reaksi yang sesuai dengan karakteristik masing-masing pereaksi, sehingga mengindikasikan adanya kandungan metabolit sekunder yang diuji dalam ekstrak air daun mangga Manalagi. Selanjutnya, hasil analisis disajikan secara deskriptif dalam bentuk tabel dan narasi.

Data diameter zona hambat dari seluruh ulangan pada setiap konsentrasi dianalisis dengan menghitung nilai rata-rata dan standar deviasi. Selanjutnya ditentukan kategori aktivitas antibakteri berdasarkan standar interpretasi daya hambat yang berlaku. Diameter zona hambat yang lebih besar menunjukkan efektivitas antibakteri yang lebih tinggi. Hal tersebut menggambarkan kemampuan senyawa aktif dalam menghambat pertumbuhan bakteri secara lebih luas. Semakin besar diameter zona hambat yang terbentuk, semakin tinggi pula aktivitas antibakteri dari ekstrak yang diuji.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

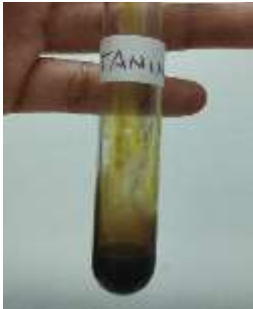
4.1 Uji Fitokimia Ekstrak Daun Mangga

Hasil dari proses penguapan ekstrak daun mangga manalagi menggunakan rotary evaporator pada suhu 80°C dalam keadaan vakum, didapat ekstrak kental sebanyak 14,227 gram. Kemudian dilakukan uji fitokimia untuk mengetahui kandungan metabolit sekunder yang terdapat dalam ekstrak air daun mangga (*Mangifera indica* L. var. manalagi). Pengujian dilakukan dengan pengamatan kualitatif menggunakan pereaksi spesifik untuk masing-masing golongan senyawa. Parameter yang diamati berupa perubahan warna, terbentuknya endapan, atau terbentuknya busa yang menunjukkan adanya senyawa tertentu dalam ekstrak. Hasil skrinning fitokimia daun mangga manalagi yang digunakan sebagai ekstrak pada penelitian ini ditunjukkan oleh gambar dan tabel berikut:

Tabel 4.1 Hasil uji senyawa fitokimia ekstrak daun mangga

Kandungan Senyawa	Hasil	Reaksi pada Reagen
Alkaloid		(+) Endapan putih kekuningan
Falvonoid		(+) Kuning pekat

Tabel 4.1 Lanjutan hasil uji senyawa fitokimia ekstrak daun mangga

Kandungan Senyawa	Hasil	Reaksi dengan Reagen
Saponin		(+) Busa stabil
Tanin		(+) Ekstrak hijau kehitaman
Fenol		(+) Ekstrak hijau pekat
Mangiferin		(+) Ekstrak jingga

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa ekstrak air daun mangga mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder yang berhasil terekstraksi menggunakan pelarut air. Seluruh parameter yang diuji menunjukkan hasil positif yang ditunjukkan oleh adanya perubahan karakteristik reaksi sesuai dengan indikator masing-masing pengujian. Hasil tersebut menandakan adanya kandungan

senyawa aktif berupa alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, fenol, dan mangiferin dalam ekstrak air daun mangga (*Mangifera incica* L. var. manalagi). Keberadaan senyawa-senyawa tersebut menunjukkan bahwa pelarut air mampu mengekstraksi metabolit sekunder yang bersifat polar. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Kumar dkk. (2021) dan Sferrazzo dkk. (2022) yang melaporkan bahwa daun mangga mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti fenol, flavonoid, tanin, alkaloid, saponin, dan mangiferin yang berpotensi sebagai antibakteri dan antioksidan.

4.2 Aktivitas Antibakteri Ekstrak Air Daun Mangga

4.2.1 Isolasi Bakteri Karies Gigi

Sampel bakteri yang diperoleh dari swab gigi yang terdampak karies diinokulasikan pada media *Brain Heart Infusion Agar* (BHIA) dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah masa inkubasi, tampak pertumbuhan koloni dipermukaan media yang diduga sebagai *Streptococcus* sp. berdasarkan karakteristik morfologi koloni.



Gambar 4.1 Isolat campuran bakteri karies gigi

Hasil kultur menunjukkan adanya pertumbuhan koloni bakteri berwarna putih krem dengan bentuk bulat, tepi rata, ukuran kecil sampai sedang, dan elevasi cembung pada media BHIA. Media BHIA mengandung infus otak dan jantung yang

kaya nutrisi sehingga mampu mendukung pertumbuhan bakteri *Streptococcus*. Koloni yang tumbuh selanjutnya dipilih berdasarkan karakteristik dominan untuk dilakukan pemurnian isolat. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Lemos J. A. (2024), yang melaporkan bahwa *Streptococcus* sp. tumbuh optimal pada suhu 37°C dengan kondisi kapnofilik ($\pm 5\%$ CO₂), menghasilkan koloni berwarna putih susu hingga putih krem dengan ukuran kecil dan permukaan cembung.

4.2.2 Pemurnian Isolat Bakteri Karies Gigi

Koloni tunggal yang memiliki karakteristik seragam dipindahkan ke media BHIA baru menggunakan metode gores kuadran (*streak plate*). Setelah inkubasi 24 jam pada suhu 37°C diperoleh koloni yang tumbuh terpisah dan menunjukkan morfologi yang homogen.



Gambar 4.2 Isolat murni bakteri karies gigi

Hasil pemurnian menunjukkan seluruh koloni memiliki karakteristik yang sama, yaitu berwarna putih krem, berbentuk bulat, dan berukuran relatif seragam. Tidak ditemukan pertumbuhan koloni lain yang berbeda morfologi sehingga isolat dinyatakan murni dan dapat digunakan untuk tahap identifikasi bakteri. Hasil pemurnian pada penelitian ini juga sesuai dengan karakteristik kultur murni *Streptococcus* sp. yang dilaporkan oleh Murray dkk. (2023), yaitu menghasilkan koloni kecil hingga sedang, berwarna putih keabu-abuan atau putih krem, berbentuk

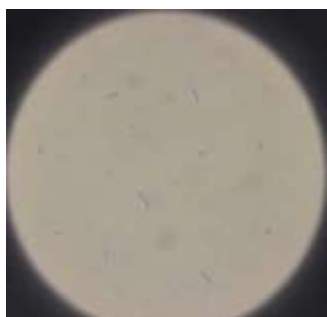
bulat, dengan permukaan halus dan elevasi cembung setelah inkubasi pada media yang sesuai. Keseragaman karakteristik tersebut menunjukkan bahwa isolat yang diperoleh telah memenuhi syarat untuk dilanjutkan pada tahap identifikasi melalui pewarnaan Gram dan pengujian biokimia guna memastikan identitas bakteri.

4.2.3 Identifikasi Bakteri Karies Gigi

Hasil pengamatan morfologi isolat bakteri yang telah ditumbuhkan pada media kultur selama 24–48 jam pada suhu 37°C menunjukkan pertumbuhan koloni dengan karakteristik khas *Streptococcus* sp. Koloni yang terbentuk berukuran kecil hingga sedang, berbentuk bulat, berwarna putih krem, memiliki permukaan cembung, serta tepi koloni agak tidak rata. Beberapa koloni tampak lengket akibat produksi polisakarida ekstraseluler. Adapun identifikasi yang dilakukan adalah:

a. Pewarnaan Gram

Hasil pengamatan mikroskopis menggunakan pewarnaan Gram menunjukkan bahwa isolat bakteri berwarna ungu, menandakan bahwa bakteriyang diamati tergolong gram positif. Ciri morfologinya sel bakteri berbentuk kokus (bulat) dan tersusun membentuk rantai pendek hingga rantai panjang.



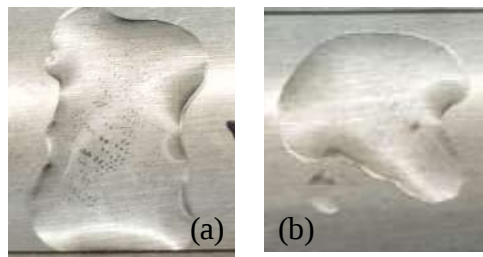
Gambar 4.3 Pewarnaan gram bakteri dan pengamatan di bawah mikroskop perbesaran 100x, tampak bakteri Gram positif

Penelitian Hasanuddin dan Salnus (2020), menyatakan bahwa *S. mutans* merupakan bakteri Gram positif berbentuk kokus yang secara makroskopis

membentuk koloni kecil berwarna putih krem, sedangkan secara mikroskopis tampak tersusun dalam rantai pendek maupun panjang. Karakteristik tersebut konsisten dengan hasil kultur yang diperoleh pada penelitian ini. Meskipun demikian, hasil ini belum bisa dipastikan sebagai bakteri *S. mutans*.

b. Uji Katalase

Hasil pengamatan menunjukkan tidak terbentuk gelembung udara pada isolat murni setelah penambahan H_2O_2 , sehingga hasil uji katalase dinyatakan negatif. Hasil ini sesuai dengan karakteristik bakteri genus *Streptococcus*, karena tidak mampu menguraikan hidrogen peroksida melalui enzim katalase. Oleh karena itu, tidak terbentuknya gelembung pada penelitian ini menguatkan dugaan bahwa isolat yang digunakan merupakan anggota genus *Streptococcus*.

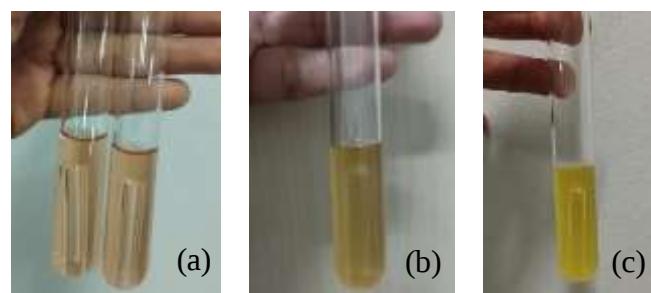


Gambar 4.4 Hasil uji katalase bakteri. Keterangan: a) isolat campuran, muncul gelembung, b) isolat murni, tidak muncul bakteri.

Hasil pengamatan ini sesuai dengan Murray dkk. (2023) yang menyatakan bahwa uji katalase merupakan salah satu uji biokimia utama untuk membedakan genus *Streptococcus* dan *Enterococcus* yang bersifat katalase negatif dari genus *Staphylococcus* yang bersifat katalase positif. Selain itu, Forbes dkk. (2022) menjelaskan bahwa isolat *Streptococcus mutans* secara konsisten menunjukkan hasil negatif pada uji katalase karena tidak memiliki enzim katalase, sehingga setelah penambahan H_2O_2 3% tidak terjadi pembentukan gelembung oksigen.

c. Uji Fermentasi Karbohidrat

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa Isolat bakteri mampu memfermentasi karbohidrat yang diuji, ditandai dengan perubahan warna media dari merah menjadi kuning setelah inkubasi 12 jam akibat terbentuknya asam hasil metabolisme sukrosa. Pada pengamatan tidak ditemukan pembentukan gas, sehingga tidak muncul gelembung di dalam tabung Durham. Sedangkan pada media kontrol tidak mengalami perubahan baik warna atau munculnya gelembung pada tabung durham. Hal ini dikarenakan tabung kontrol hanya berisi media, sehingga tidak ada aktivitas fermentasi karbohidrat oleh bakteri.



Gambar 4.5 Uji fermentasi karbohidrat. Keterangan: (a) sampel media (sebelum inkubasi 12jam), (b) sampel kontrol (setelah inkubasi 12 jam), (c) sampel media dengan bakteri (setelah inkubasi 12 jam).

Tabel 4.2 Hasil identifikasi bakteri *Streptococcus mutans*

Parameter Identifikasi	Hasil Pengamatan	Keterangan
Morfologi koloni	Bulat, putih krem, cembung, lengket	Sesuai <i>S. mutans</i>
Pewarnaan Gram	Ungu (Gram positif)	Sesuai <i>S. mutans</i>
Bentuk sel	Kokus berantai	Sesuai <i>S. mutans</i>
Uji katalase	Negatif (-)	Sesuai <i>S. mutans</i>
Uji fermentasi	Positif asam, negatif gelembung	Sesuai <i>S. mutans</i>

Dapat disimpulkan hasil identifikasi isolat bakteri dilakukan melalui serangkaian pengujian yang meliputi pengamatan morfologi koloni, pewarnaan

gram, uji katalase, dan uji fermentasi karbohidrat. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa koloni bakteri berwarna putih krem dengan permukaan cembung. Pada pewarnaan Gram, sel bakteri tampak berbentuk kokus yang tersusun berantai dan berwarna ungu, menunjukkan karakteristik Gram positif. Hasil uji katalase memperlihatkan tidak adanya gelembung udara, yang menandakan reaksi katalase negatif. Selain itu, uji fermentasi karbohidrat menunjukkan kemampuan bakteri memfermentasikan karbohidrat dengan menghasilkan asam yang ditandai oleh perubahan warna media menjadi kuning, tanpa pembentukan gas/gelembung pada tabung Durham. Karakteristik tersebut sesuai dengan sifat biologis *Streptococcus mutans*.

Berdasarkan hasil uji identifikasi yang telah dilakukan, bakteri yang didapat dari isolat karies gigi belum bisa dipastikan sebagai bakteri *Streptococcus mutans*. Sebagaimana ditegaskan dalam Machado, dkk. (2024), bakteri yang paling sering dikaitkan dengan perkembangan karies adalah *Streptococcus mutans*, namun berbagai penelitian menunjukkan bahwa lesi karies juga dihuni oleh bakteri lain seperti *Streptococcus sobrinus*, *Lactobacillus spp.*, *Actinomyces spp.*, *Bifidobacterium spp.*, dan *Scardovia wiggsiae*. Di antara beberapa bakteri tersebut terdapat dua species bakteri yang memiliki sifat/ karakteristik biologis yang mirip, yakni *Streptococcus mutans* dan *Streptococcus sobrinus*.

Menurut Lemos dkk. (2019), kedua bakteri memiliki sifat Gram positif, berbentuk kokus berantai, bersifat asidogenik dan asidurik, serta berperan dalam pembentukan biofilm pada permukaan gigi. Oleh karena itu, diperlukan uji identifikasi lanjutan seperti uji biokimia spesifik atau metode molekuler (PCR) untuk memastikan spesies bakteri secara akurat. Namun demikian, karena isolat

diperoleh dari lesi karies gigi dan menunjukkan karakteristik yang sesuai dengan kelompok *mutans streptococci*, maka bakteri tersebut diduga kuat merupakan bakteri kariogenik yang berperan dalam proses terjadinya karies gigi.

4.2.4 Uji Daya Hambat Ekstrak Daun Mangga terhadap *S. mutans*

Pengujian aktivitas antibakteri ekstrak air daun mangga terhadap *Streptococcus mutans* yang dilakukan dengan metode difusi sumuran pada media BHI-A dengan lima variasi konsentrasi ekstrak yaitu 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dan kontrol positif menggunakan chlorhexidine, sedangkan kontrol negatif adalah akuades, dengan empat ulangan/replikasi. Pengamatan dilakukan dengan mengukur diameter zona hambat berupa zona bening yang terbentuk di sekitar sumuran setelah inkubasi selama 24-48 jam. Hasil dari uji daya hambat ekstrak air daun mangga terhadap bakteri *Streptococcus mutans* tersaji dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil pengukuran uji daya hambat ekstrak daun mangga menggunakan metode difusi sumuran

Replikasi /ulangan	Perlakuan (Konsentrasi)						
	10%	25%	50%	75%	100%	Kontrol(+)	Kontrol(-)
1	6,4	7,35	0	0	11,85	11,575	0
2	5,35	0	0	0	8,25	9,5	0
3	7,35	0	0	0	7,1	8,05	0
4	8,05	0	0	0	7,8	7,15	0
Total	27,15	7,35	0	0	35	37,275	0
Mean	6,79	1,84	0,00	0,00	8,75	9,32	0,00
Daya Hambat	Sedang	Lemah	Tidak ada	Tidak ada	Sedang	Sedang	Tidak ada

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak air daun mangga mampu menghambat pertumbuhan bakteri pada beberapa konsentrasi. Rata-rata diameter zona hambat tertinggi diperoleh pada konsentrasi 100% sebesar 8,75 mm, diikuti

konsentrasi 10% sebesar 6,79 mm dan konsentrasi 25% sebesar 1,84 mm. Sementara itu, pada konsentrasi 50% dan 75% tidak terbentuk zona hambat. Kontrol positif berupa Chlorhexidine menghasilkan rata-rata zona hambat sebesar 9,32 mm, sedangkan kontrol negatif tidak menunjukkan adanya zona hambat. Berdasarkan kategori daya hambat menurut Davis dan Stout (1971), konsentrasi 10% dan 100% termasuk kategori sedang (5–10 mm), konsentrasi 25% termasuk kategori lemah (<5 mm). Hasil tersebut menunjukkan bahwa ekstrak air daun mangga memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri, meskipun efektivitasnya masih lebih rendah dibandingkan kontrol positif, yang telah diketahui memiliki aktivitas antibakteri yang tinggi terhadap bakteri penyebab karies (Krzyściak W. et al., 2021).

Jika dikategorikan berdasarkan besar daya hambatnya, konsentrasi 10% dan 100% termasuk kategori sedang, konsentrasi 25% termasuk kategori lemah, sedangkan konsentrasi 50% dan 75% tidak menunjukkan aktivitas antibakteri. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak air daun mangga memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri, meskipun efektivitasnya masih berada di bawah kontrol positif. Kemampuan ekstrak daun mangga dalam menghambat pertumbuhan bakteri diduga berkaitan dengan kandungan metabolit sekundernya, seperti flavonoid, tanin, saponin, fenol, alkaloid, dan mangiferin yang telah teridentifikasi pada daun mangga.

Senyawa-senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas antibakteri melalui berbagai mekanisme. Flavonoid bekerja dengan merusak membran sitoplasma bakteri sehingga menyebabkan kebocoran komponen sel. Tanin dapat mengendapkan protein dinding sel dan menghambat aktivitas enzim pada bakteri.

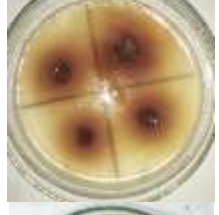
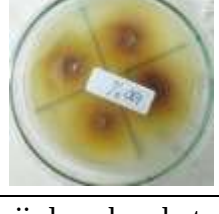
Saponin berperan dalam meningkatkan permeabilitas membran sel sehingga menyebabkan kerusakan struktur sel bakteri. Sedangkan senyawa fenolik mampu mendenaturasi protein dan mengganggu metabolisme mikroorganisme (Mahdiyah dkk., 2020).

Mangiferin sebagai senyawa khas daun mangga juga dilaporkan memiliki aktivitas antimikroba. Mangiferin merupakan senyawa golongan xanton yang memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan berbagai bakteri melalui gangguan terhadap integritas membran sel dan aktivitas metabolisme bakteri (Morozkina dkk., 2021). Selain itu, analog mangiferin juga dilaporkan memiliki aktivitas antimikroba terhadap berbagai bakteri Gram positif maupun Gram negatif (Singh dkk., 2009). Meskipun tingkat kelarutannya rendah dalam pelarut air, yakni hanya sebesar 0,111 mg/mL, namun masih bisa larut dalam pelarut polar (Morozkina dkk., 2021).

Diperoleh hasil penelitian konsentrasi 100% menghasilkan zona hambat terbesar dibandingkan konsentrasi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak maka semakin banyak senyawa aktif yang berdifusi ke dalam media dan berinteraksi dengan sel bakteri. Namun demikian, pola peningkatan daya hambat tidak terjadi secara linier karena pada konsentrasi 50% dan 75% tidak terbentuk zona hambat. Fenomena tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti ketidaksempurnaan proses difusi ekstrak pada media, distribusi senyawa aktif yang tidak homogen, maupun sifat ekstrak air yang memiliki kemampuan ekstraksi lebih rendah dibandingkan pelarut organik (Ningtyas, 2010).

Penggunaan pelarut air dalam penelitian ini memungkinkan hanya sebagian senyawa aktif yang dapat terekstraksi secara optimal. Beberapa penelitian melaporkan bahwa ekstrak daun mangga yang menggunakan pelarut etanol menghasilkan aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan ekstrak air karena senyawa flavonoid dan fenolik lebih mudah larut dalam pelarut polar organik (etanol) daripada anorganik (air) (Anggraeni dkk., 2020). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Pramusita dkk. (2023) yang melaporkan bahwa ekstrak daun mangga memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Streptococcus mutans*, meskipun besarnya zona hambat dipengaruhi oleh jenis pelarut, konsentrasi ekstrak, serta metode pengujian yang digunakan.

Dalam penelitian Putri, dkk. (2023) menegaskan, secara teoritis, peningkatan konsentrasi ekstrak akan meningkatkan jumlah senyawa aktif yang berperan sebagai antibakteri sehingga zona hambat yang terbentuk cenderung semakin besar. Namun, hasil penelitian ini menunjukkan pola yang tidak linier. Fenomena tersebut dapat terjadi pada pengujian antibakteri menggunakan metode difusi sumuran karena diameter zona hambat tidak hanya dipengaruhi oleh konsentrasi ekstrak, tetapi juga kemampuan senyawa aktif untuk berdifusi melalui media agar. Pada metode difusi sumuran, senyawa antibakteri harus bergerak dari sumuran menuju media agar sebelum dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Oleh karena itu, senyawa yang memiliki ukuran molekul besar atau viskositas tinggi dapat mengalami hambatan difusi sehingga tidak selalu menghasilkan zona hambat yang sebanding dengan peningkatan konsentrasi.

Sebelum	Inkubasi 24 Jam	Inkubasi 48 Jam	Perlakuan
			Kontrol (+) Chlorhexidine
			Kontrol (-) Akuades
			Konsentrasi 10%
			Konsentrasi 25%
			Konsentrasi 50%
			Konsentrasi 75%
			Konsentrasi 100%

Gambar 4.6 Hasil uji daya hambat ekstrak daun mangga terhadap bakteri

Berdasarkan hasil penelitian, ekstrak air daun mangga mampu menghambat pertumbuhan bakteri pada konsentrasi tertentu. Aktivitas antibakteri ditunjukkan

dengan terbentuknya zona bening yang dapat diukur menggunakan jangka sorong pada sekitar sumuran setelah inkubasi selama 24 jam. Zona bening tersebut merupakan area yang tidak ditumbuhi bakteri akibat adanya difusi senyawa antibakteri dari ekstrak ke dalam media agar. Diameter zona hambat mencerminkan kemampuan suatu agen antibakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri, meskipun besarnya zona hambat juga dipengaruhi oleh kemampuan senyawa aktif berdifusi, konsentrasi ekstrak, ketebalan media, ukuran inokulum, serta kondisi inkubasi. Balouiri (2016), menjelaskan bahwa metode difusi agar mengevaluasi aktivitas antimikroba berdasarkan terbentuknya zona hambat setelah inkubasi, dan hasilnya dipengaruhi oleh faktor biologis maupun faktor difusi senyawa aktif.

Pada penelitian ini, pertumbuhan bakteri pada media setelah inkubasi 24 jam masih tampak kurang jelas, sedangkan setelah inkubasi 48 jam pertumbuhan koloni menjadi lebih nyata. Oleh karena itu, pengamatan lanjutan hingga 48 jam dapat memperjelas pertumbuhan koloni, meskipun pembacaan diameter zona hambat tetap dilakukan pada waktu yang telah distandardisasi (setelah 24 jam inkubasi), agar hasil antarpelitian dapat dibandingkan. Hasil tersebut juga didukung oleh Murray (2023), yang menjelaskan bahwa koloni *Streptococcus* pada media kultur sering kali tampak kecil pada inkubasi awal dan menjadi lebih jelas setelah inkubasi yang lebih lama, terutama pada bakteri yang bersifat fastidious. Selain itu bakteri *Streptococcus* sp. merupakan bakteri yang tumbuh relatif lambat dibandingkan beberapa bakteri uji lain serta membutuhkan media yang kaya nutrisi dan kondisi inkubasi yang sesuai untuk mencapai pertumbuhan optimal.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa zona hambat pada konsentrasi 10% (6,79 mm) relatif mendekati zona hambat pada konsentrasi 100% (8,75 mm).

Perbedaan yang hanya sekitar 1,96 mm mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak tidak meningkatkan aktivitas antibakteri secara proporsional. Kondisi ini diduga terjadi karena pada konsentrasi yang lebih rendah, senyawa aktif dalam ekstrak air daun mangga masih mampu berdifusi dengan baik ke dalam media agar sehingga menghasilkan zona hambat yang cukup jelas. Sebaliknya, pada konsentrasi yang sangat tinggi, ekstrak menjadi lebih pekat sehingga laju difusi senyawa aktif ke dalam media berkurang. Akibatnya, meskipun jumlah senyawa antibakteri lebih banyak, luas penyebarannya menjadi terbatas dan diameter zona hambat yang terbentuk tidak meningkat secara signifikan. Fenomena ini sering ditemukan pada metode difusi sumuran ketika konsentrasi ekstrak meningkat tetapi kemampuan difusi senyawa aktif menurun (Nurainy dkk., 2008).

Kontrol positif yang digunakan berupa klorheksidin 2% menunjukkan zona hambat terbesar dibandingkan kelompok perlakuan. Hasil ini menunjukkan bahwa klorheksidin masih memiliki efektivitas yang lebih tinggi sebagai antibakteri terhadap *Streptococcus mutans*. Klorheksidin bekerja dengan merusak membran sel bakteri dan menghambat pembentukan plak sehingga banyak digunakan sebagai standar emas antiseptik rongga mulut. Adanya zona hambat pada kontrol positif juga menunjukkan bahwa metode pengujian yang digunakan telah berhasil dengan baik dan mampu mendeteksi aktivitas antibakteri suatu senyawa.

Tidak terbentuknya zona hambat pada konsentrasi 50% dan 75% juga dapat disebabkan oleh distribusi senyawa aktif yang tidak homogen dalam ekstrak air. Ekstrak tanaman merupakan campuran kompleks berbagai metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, fenol, dan mangiferin. Interaksi antar senyawa tersebut dapat memengaruhi kelarutan dan kemampuan difusi masing-

masing komponen. Akibatnya, konsentrasi tertentu tidak selalu menghasilkan aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi yang lebih rendah maupun lebih tinggi. Selain itu, metode difusi sumuran sangat dipengaruhi oleh ketebalan media, ukuran sumuran, kepadatan inokulum bakteri, volume ekstrak yang dimasukkan, serta homogenitas suspensi bakteri. Variasi pada faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan terbentuknya zona hambat yang tidak konsisten antar konsentrasi (Pradila & Alief, 2025).

4.3 Tinjauan Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diamati adanya daya hambat berupa zona bening di sekitar sumuran. Zona hambat yang terbentuk merupakan indikasi bahwa senyawa aktif dalam ekstrak mampu berdifusi ke dalam media dan menghambat pertumbuhan bakteri di sekitarnya. Aktivitas ini diduga berkaitan dengan kandungan metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, fenol, dan senyawa khasnya mangiferin telah teridentifikasi dalam ekstrak. Oleh karena itu, daun mangga berpotensi dikembangkan sebagai sumber antibakteri.

Temuan ini selaras dengan ajaran Islam yang menyebutkan bahwa tanaman yang tumbuh di bumi mengandung banyak manfaat dan pelajaran sebagai tanda akan kebesaran Allah SWT. Seperti yang termaktub dalam Al-Quran Surah Al-An'am ayat 99, Allah SWT berfirman:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ

حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا

وَّغَيْرَ مُتَشَابِهٍ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ

Artinya: “Dialah yang menurunkan air dari langit lalu dengannya Kami menumbuhkan segala macam tumbuhan. Maka, darinya Kami mengeluarkan tanaman yang menghijau. Darinya Kami mengeluarkan butir yang bertumpuk (banyak). Dari mayang kurma (mengurai) tangkai-tangkai yang menjuntai. (Kami menumbuhkan) kebun-kebun anggur. (Kami menumbuhkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya pada waktu berbuah dan menjadi masak. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang beriman.”

Penyebutan tumbuhan dalam berbagai sumber menunjukkan pentingnya peran tumbuhan bagi kehidupan manusia, khususnya dalam menjaga kesehatan. Tumbuhan yang memiliki khasiat sebagai obat dapat dikenali identitasnya serta diketahui kandungan senyawa aktif yang terdapat di dalamnya. Dengan memahami karakteristik dan kandungan tersebut, manusia dapat memanfaatkan tumbuhan obat secara tepat, bijaksana, dan berdasarkan pengetahuan yang memadai untuk mendukung kesehatan (Rifaannudin & Hibban, 2022).

Sebagaimana dipaparkan dalam Hadits Riwayat Muslim (No. 2204), bahwasanya setiap penyakit pasti ada obatnya. Ketika target obat yang ada sesuai dengan penyakitnya maka penyakit itu pasti akan sembuh dengan izin Allah SWT. Penelitian ini membuktikan bahwa daun mangga mengandung senyawa aktif berupa tanin, fenolik, polifenol, flavonoid, saponin, alkaloid, dan mangiferin sebagai senyawa aktif khasnya. Kombinasi zat bioaktif yang terkandung dalam daun mangga diduga mampu bekerja sama dalam menghambat pertumbuhan bakteri tersebut. Hasil ini sesuai dengan sabda Rasulullah SAW yang berbunyi:

لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ، فَإِذَا أُصِيبَ دَوَاءُ الدَّاءِ بَرَأَ بِإِذْنِ اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ

Artinya: "Setiap penyakit ada obatnya. Apabila obat itu tepat mengenai penyakitnya, niscaya sembuhlah penyakit itu dengan izin Allah 'Azza wa Jalla" (HR. Muslim).

Hadis tersebut mengandung pesan bahwa Allah SWT menciptakan obat bagi setiap penyakit yang diturunkan-Nya. Namun, manusia dituntut untuk berikhtiar mencari dan menemukan pengobatan yang tepat melalui pengamatan, penelitian, dan pengembangan ilmu pengetahuan. Oleh karena itu, kegiatan penelitian dalam bidang kesehatan merupakan salah satu bentuk usaha untuk mengungkap berbagai potensi penyembuhan yang telah Allah sediakan di alam.

Dalam konteks penelitian ini, karies gigi merupakan penyakit yang penyebab utamanya adalah aktivitas bakteri. Sejalan dengan hadis tersebut, daun mangga (*Mangifera indica* L.) diketahui mengandung senyawa seperti flavonoid, tanin, saponin, alkaloid, fenol, dan mengiferin yang berpotensi menghambat peretumbuhan bakteri. Senyawa target tersebut memiliki tugasnya masing-masing untuk menghambat bahkan membunuh bakteri, sehingga bisa dijadikan alternatif dalam berobat dan mengatasi penyakit karies pada gigi.

Bakteri merupakan makhluk hidup dengan ukuran yang sangat kecil. Maka diperlukan proses penumbuhan dan isolasi serta identifikasi sehingga dapat dikenali bakteri yang dimaksud. Pengamatan yang tidak dapat dilakukan dengan mata telanjang, dapat memanfaatkan bantuan mikroskop sehingga bisa terlihat. Dari situ dapat diambil pelajaran, bahwasanya makhluk Allah yang tidak dapat terlihat (bakteri) dan bersifat patogenpun, masih menyimpan manfaat dalam bidang pengetahuan dan penelitian khususnya kesehatan. Temuan ini sejalan dengan firman Allah SWT dalam Al-Quran Surah Al-Baqarah ayat 26, sebagai berikut:

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۚ فَأَمَّا الَّذِينَ آمَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا ۚ يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ ﴿٢٦﴾

Artinya: “Sesungguhnya Allah tidak segan membuat perumpamaan seekor nyamuk atau yang lebih kecil daripada itu. Adapun orang-orang yang beriman mengetahui bahwa itu kebenaran dari Tuhannya. Akan tetapi, orang-orang kafir berkata, ‘Apa maksud Allah dengan perumpamaan ini?’ Dengan (perumpamaan) itu banyak orang yang disesatkan-Nya. Dengan itu pula banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. Namun, tidak ada yang Dia sesatkan dengan (perumpamaan) itu, selain orang-orang fasik”.

Tafsir Ibnu Katsir dari ayat tersebut menerangkan maksud ‘Allah tidak segan’ untuk membuat perumpamaan apapun, baik yang kecil maupun yang besar. Kata *ba'udah* artinya nyamuk, sedangkan *fama fauqaha* menurut Ibnu Abbas dan mayoritas mufassir maksudnya ‘yang lebih kecil dari itu (nyamuk), sebab nyamuk sudah sangat kecil. Memang ada pendapat yang mengartikan ‘yang lebih besar’, tetapi pendapat yang kuat adalah ‘lebih kecil’.

Berdasarkan tafsiran tersebut dapat disimpulkan secara implisist bahwa bakteri memiliki ukuran lebih kecil bahkan sangat kecil daripada nyamuk. Meskipun kecil, belalai nyamuk dapat menembus kulit gajah, kerbau, dan unta, dan menggigitnya. Begitupun bakteri yang memiliki sifat patogen termasuk *Streptococcus mutans* yang mampu menginfeksi. Bahkan keduanya bisa saja menyebabkan kematian.

Adapun orang-orang yang beriman, mereka yakin bahwa semua perumpamaan itu benar dari Tuhan dan tidak diragukan lagi. Mereka beriman kepada perumpamaan itu, baik kecil maupun besar, dan mengetahui bahwa itu merupakan perkara yang hak. Melalui perumpamaan tersebut Allah justru memberi petunjuk kepada mereka. Keyakinan ini muncul karena orang beriman percaya Allah Maha Bijaksana, sehingga jika Allah membuat perumpamaan pasti ada hikmah besar di baliknya, sekalipun dengan makhluk sekecil nyamuk.

Sebaliknya orang-orang kafir berkata dengan nada mencela, ‘Apakah maksud Allah dengan perumpamaan ini?’ Ibnu Katsir menyebut ini sebagai bentuk penghinaan dan pengingkaran. Mereka tidak mencari pelajaran, tetapi mengolok-olok Al-Qur'an. Sikap seperti ini adalah sifat orang munafik dan orang kafir Quraisy. Jadi ayat atau perumpamaan yang sama bisa menjadi fitnah bagi orang yang hatinya sakit, tetapi menjadi cahaya bagi orang yang hatinya bersih. Namun, Allah tidak akan mendzalimi hamba-Nya, sehingga tidak ada yang Ia sesatkan dengan perumpamaan itu selain orang-orang fasik yang melanggar ketentuan-ketentuan agama, baik berupa ucapan maupun perbuatan.

Efektivitas senyawa antibakteri pada penelitian ini tergantung pada konsentrasi ekstrak yang dibuat, yakni 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak, semakin besar zona hambat bening yang terbentuk. Perlu diperhatikan dalam metode sumuran yakni banyaknya ekstrak yang dimasukkan dalam sumur/lubang harus sama ukurannya pada semua konsentrasi maupun kontrol. Sebab ukuran sumur/lubang yang dibuat juga sama. Hasil penelitian ini sejalan dengan dalil Al-Quran Surah Al-Mu'minin Ayat 18, Allah SWT berfirman:

وَأَنزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَتْهُ فِي الْأَرْضِ وَإِنَّا عَلَىٰ ذَهَابٍ بِهِ لَقَادِرُونَ

Artinya: “Kami turunkan air dari langit dengan suatu ukuran. Lalu, Kami jadikan air itu menetap di bumi dan sesungguhnya Kami Mahakuasa melenyapkannya” (QS. Al-Mu'minun: 18).

Berdasarkan Firman Allah tersebut dijelaskan bahwasanya air yang diturunkan ke bumi mengandung banyak manfaat dengan ukuran yang telah ditetapkan. Sehingga kebutuhan makhluk-Nya terpenuhi. Tafsir Kementerian Agama menjelaskan bahwa jika air diturunkan melebihi kadarnya, bumi akan banjir, jika kurang, bumi akan kekeringan. Kata *mā'an* (air) dalam ayat ini bertindak sebagai pelarut universal di alam semesta. Allah menegaskan bahwa penurunan air tersebut *bi qadarin* (memiliki takaran/ukuran/kadar tertentu).

Aspek mendasar dari konsentrasi larutan adalah volume pelarut yang terukur secara presisi. Mengubah jumlah pelarut (air) akan langsung mengubah konsentrasi/kepekatan zat di dalamnya. Jika air terlalu sedikit, larutan menjadi terlalu jenuh (*over-concentrated*), dan jika air terlalu banyak, larutan menjadi terlalu encer (*diluted*). Penelitian ini menggunakan pelarut air sebagai pengencer ekstrak obatnya. Karena sejatinya air adalah pelarut alami yang universal efektif untuk senyawa polar.

Dalam praktik uji daya hambat antibakteri perlu memerhatikan volume larutan ekstrak yang dimasukkan ke lubang/sumur, ukurannya harus sama untuk menghasilkan data yang valid dan sesuai. Sehingga nantinya tidak terjadi kelebihan yang menyebabkan luber pada sumur, ataupun kekurangan ekstrak yang dapat menyebabkan kurang maksimalnya dalam menghambat dan membunuh bakteri. Oleh karena itu sangat penting menentukan ukurannya terlebih dahulu.

Refleksi ayat dari penelitian yang berjudul ‘Uji Daya Hambat Ekstrak Air Daun Mangga Manalagi dengan Variasi Konsentrasi Terhadap Bakteri *Streptococcus* sp. Penyebab Karies Gigi’ ini secara garis besar selaras dengan Al-Qur'an Surah Ali 'Imran Ayat 191, yang berbunyi:

رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya: "Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia;

Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka."

Berdasarkan hasil uji antibakteri, ekstrak air daun mangga pada beberapa konsentrasi menunjukkan kemampuan menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans*. Aktivitas tersebut diduga dipengaruhi oleh kandungan senyawa aktif yang berperan dalam menghambat pertumbuhan bakteri penyebab utama karies gigi. Hal ini sejalan dengan prinsip teologis dalam Al-Qur'an Surah Ali 'Imran ayat 191. Allah tidak menciptakan daun mangga secara sia-sia, melainkan menyimpan potensi bioaktif yang dapat dimanfaatkan manusia sebagai antibakteri pada gigi. Dilakukannya penelitian dan uji senyawa obat merupakan bentuk ikhtiar ilmiah untuk mengungkap manfaat yang terkandung dalam ciptaan Allah SWT demi kemaslahatan manusia. Sedangkan meyakini kesembuhan sepenuhnya bergantung pada ketetapan Allah adalah bentuk iman terhadap takdir.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan uji fitokimia secara kualitatif menunjukkan hasil positif. Ditunjukkan dengan perubahan warna, terbentuknya endapan, dan ketsabilan busa setelah diberi perlakuan. Artinya ekstrak air daun mangga (*Mangifera indica* L. var. Manalagi) terbukti mengandung senyawa metabolit sekunder berupa alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, fenol, dan mangiferin yang berpotensi sebagai antibakteri.

Hasil uji daya hambat antibakteri menunjukkan bahwa senyawa metabolit dalam ekstrak daun mangga manalagi mampu menghambat pertumbuhan bakteri pada konsentrasi tertentu. Konsentrasi 10% zona hambatnya 6,79 mm yang termasuk kategori daya hambat sedang, konsentrasi 25% sebesar 1,84 mm kategori lemah, dan konsentrasi 100% sebesar 8,75 mm kategori sedang. Hubungan antara konsentrasi ekstrak dan diameter zona hambat tidak menunjukkan pola yang linier. Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas antibakteri ekstrak air daun mangga pada metode difusi sumuran tidak hanya ditentukan oleh konsentrasi ekstrak, tetapi juga dipengaruhi oleh kemampuan difusi senyawa aktif dalam media agar serta faktor-faktor teknis selama pengujian.

5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Uji identifikasi yang dilakukan terhadap bakteri karies gigi secara mikroskopis, makroskopis, dan uji biokimia, hanya bisa membuktikan sampai genus saja (*Streptococcus*). Sehingga perlu dilakukan uji lanjutan

menggunakan metode berbasis molekuler, seperti *Polymerase Chain Reaction* (PCR) pada gen *16S rRNA*, untuk memastikan spesies bakteri secara definitif hingga tingkat *strain* (misalnya membedakan secara akurat antara *Streptococcus mutans* dan *Streptococcus sobrinus*).

2. Disarankan untuk melakukan studi komparasi aktivitas antibakteri menggunakan variasi pelarut organik lain (seperti etanol atau metanol) serta metode ekstraksi modern (seperti *Ultrasonic-Assisted Extraction* atau UAE) guna mengoptimalkan penarikan senyawa bioaktif spesifik seperti mangiferin.
3. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut untuk menentukan nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) menggunakan metode dilusi cair agar diperoleh data kuantitatif ambang batas efektivitas ekstrak yang lebih presisi dan linear.

DAFTAR PUSTAKA

- American Dental Association. (2023). Fluoride Toothpaste and Oral Health Recommendations.
- Anggraeni, V. J., Yulianti, S., & Panjaitan, R. S. (2020). Artikel review: Fitokimia dan Aktivitas antibakteri dari tanaman mangga (*Mangifera indica* L). *Indonesia Natural Research Pharmaceutical Journal*, 5(2), 102-113.
- Azmir J, Zaidul ISM, Rahman MM, et al. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*. 117(4):426–436.
- Badrudin, M. (2020). Hukum Berobat dalam Pandangan Islam. *Al Qalam*, 8(2).
- Baker JL, Mark Welch JL, Kauffman KM, McLean JS, He X. (2024). The Oral Microbiome: Diversity, Biogeography and Human Health. *Nat Rev Microbiol* 22:89–104.
- Benseddik, F., Pilliol, V., Alou, M. T., Wasfy, R. M., Raoult, D., & Dubourg, G. (2025). The oral microbiota and its relationship to dental calculus and caries. *Archives of Oral Biology*, 171, 106161.
- Brunton LL, Hilal-Dandan R, Knollmann BC. (2023). *Goodman & Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics*. 14th ed. McGraw-Hill.
- Budiani, Y. A., Satari, M. H., & Jasrin, T. A. (2017). Daya hambat ekstrak metanol nanas, belimbing wuluh, dan kemangi terhadap *Streptococcus mutans* ATCC 25175. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran*, 29(2), 124-130.
- Chebotar, I., Azizov, I., Edelstein, M., & Kozlov, R. (2025). Detection of virulence factors in opportunistic bacteria: advances, challenges, and practical implementation. *Frontiers in Microbiology*, 16.
- Efendi, Y. N., & Hertiani, T. (2013). Antimicrobial potency of ant-plant extract (*Myrmecodia tuberosa* jack.) against *Candida albicans*, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus*. *Majalah Obat Tradisional*, 18(1), 53-58.
- Fahmi, M. (2021). Penggunaan Manusia Sebagai Relawan dalam Uji coba Obat Baru: Kajian Alquran, Hadis dan Kaedah Fiqih. *El-Usrah: Jurnal Hukum Keluarga*, 4(1), 64-75.
- Fejerskov, O., Nyvad, B., & Kidd, E. A. M. (2015). *Dental Caries: The Disease and Its Clinical Management* (3rd ed.).
- Fejerskov O, Nyvad B, Kidd EAM, editors. (2024). *Dental Caries: The Disease and Its Clinical Management*. 4th ed. Wiley Blackwell.
- GBD 2016 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. (2017). *Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with*

- disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*, 390(10100), 1211–1259.
- Gendari, I. A., & Yowani, S. C. (2022). Pemanfaatan Getah Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) sebagai Bahan Aktif Formulasi Pasta Gigi. In *Prosiding Workshop dan Seminar Nasional Farmasi* (Vol. 1, pp. 128-142).
- Gobbetti, M., & Corsetti, A. (1999). Streptococcus. *Encyclopedia of Food Microbiology*. Vol. 3, pp. 2117-2127. Academic Press.
- Haenni M., Lupo A., Madec J. (2018). *Antimicrobial Resistance in Streptococcus spp.* Microbiol Spectrum. 6:10.1128.
- Halawa EM, Fadel M, Al-Rabia MW, Behairy A, Nouh NA, Abdo M, Olga R, Fericean L, Atwa AM, El-Nablaway M and Abdeen A. (2024). Antibiotic action and resistance: updated review of mechanisms, spread, influencing factors, and alternative approaches for combating resistance. *Front. Pharmacol.* 14:1305294.
- Harborne JB. (1998). *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. 3rd ed. London: Chapman & Hall.
- Hasanuddin, A. P., & Salnus, S. (2020). Uji bioaktivitas minyak cengkeh (*Syzygium aromaticum*) terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* penyebab karier gigi. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*, 5(2), 241-250.
- Islami, M. L. B. (2022). Hadis-Hadis Tentang Pengobatan Herbal: Studi Takhrij Dan Syarah Hadis Dengan Tinjauan Kesehatan. *Jurnal Penelitian Ilmu Ushuluddin*, 2(3), 503-526.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2018). *Laporan Nasional Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan RI.
- Korona-Glowniak, I., Skawinska-Bednarczyk, A., Wrobel, R., Pietrak, J., Tkacz-Ciebiera, I., Maslanko-Switala, M., ... & Mielnik-Blaszczak, M. (2022). *Streptococcus sobrinus* as a Predominant Oral Bacteria Related to the Occurrence of Dental Caries in Polish Children at 12 Years Old. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 15005.
- Krzyściak, W., Pluskwa, K.K., Jurczak, A. (2013). The pathogenicity of the *Streptococcus* genus. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 32, 1361–1376.
- Krzyściak, W., Jurczak, A., Kościelniak, D., Bystrowska, B., & Skalniak, A. (2014). The virulence of *Streptococcus mutans* and the ability to form biofilms. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 33, 499-515.
- Krzyściak, W., Jurczak, A., Kościelniak, D., Bystrowska, B., & Skalniak, A. (2021). The virulence factors of

- Streptococcus mutans* and the current strategies to prevent dental caries. *Journal of Clinical Medicine*, 10(21), 4957.
- Kumar M, Jan K, Suri S, et al. 2021. Mango (*Mangifera indica* L.) Leaves: Nutritional Composition, Phytochemical Profile and Health-Promoting Bioactivities. *Antioxidants*. 10(2):299.
- Lamont, R. J., Koo, H., & Hajishengallis, G. (2018). The oral microbiota: Dynamic communities and host interactions. *Nature Reviews Microbiology*, 16(12), 745–759.
- LaRock, C. N., & Nizet, V. (2015). Cationic antimicrobial peptide resistance mechanisms of streptococcal pathogens. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes*, 1848(11), 3047-3054.
- Lemos, J. A., Palmer, S. R., Zeng, L., Wen, Z. T., Kajfasz, J. K., Freires, I. A., ... & Brady, L. J. (2019). The biology of *Streptococcus mutans*. *Microbiology spectrum*, 7(1), 10-1128.
- Lemos, J. A., Palmer, S. R., Zeng, L., Wen, Z. T., Kajfasz, J. K., Freires, I. A., ... & Burne, R. A. (2024). The biology of *Streptococcus mutans*. *Microbiology Spectrum*, 12(3).
- Machado V, Botelho J, Proença L, Mendes JJ. (2024). The oral microbiota and its relationship to dental calculus and caries. *Arch Oral Biol*;166:106161.
- Mahdiyah, L. L. Z. T., Muhtadi, A., & Hasanah, A. N. (2020). Teknik isolasi dan penentuan struktur mangiferin: senyawa aktif dari tanaman mangga (*Mangifera indica* L.). *Majalah Farmasetika*, 5(4), 167-179.
- Mazurel, D., Brandt, B. W., Boomsma, M., Crielaard, W., Lagerweij, M., Exterkate, R. A. M., & Deng, D. M. (2025). *Streptococcus mutans* and caries: a systematic review and meta-analysis. *Journal of dental research*, 104(6), 594-603.
- Melia, M. (2025). *Streptococcus* species. In *Johns Hopkins ABX Guide*. The Johns Hopkins University.
- Meyer, F., Zur Wiesche, ES, Amaechi, BT, Limeback, H., & Enax, J. (2024). Etiologi karies dan tindakan pencegahan. *European Journal of Dentistry*.
- Morozkina, S. N., Nhung Vu, T. H., Generalova, Y. E., Snetkov, P. P., & Uspenskaya, M. V. (2021). Mangiferin as new potential anti-cancer agent and mangiferin-integrated polymer systems—A novel research direction. *Biomolecules*, 11(1), 79.
- Mulangsri, Dewi, A. K., & Zulfa, Elya. (2020). Uji aktivitas antibakteri ekstrak terpurifikasi daun mangga arumanis (*Mangifera indica* L.) dan identifikasi flavonoid dengan KLT. *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy)(e-Journal)*, 6(1), 55-62.

- Murray PR, Rosenthal KS, Pfaller MA. (2023). *Medical Microbiology*. 10th ed. Elsevier.
- Nakano, Matsumoto. M. (2014). *Dental Caries Chapter*. Biomedical Sciences
- Ningtyas, Rina. (2010). Uji antioksidan, antibakteri ekstrak air daun kecombrang sebagai pengawet alami terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negri Syarif Hidayatullah, Jakarta*.
- Nurainy, F., Rizal, S., & Yudiantoro, Y. (2008). Pengaruh Konsentrasi Kitosan terhadap Aktivitas Antibakteri dengan Metode Difusi Agar (Sumuran). *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 13(2), 117-125.
- Patterson MJ. Streptococcus. In: Baron S, editor. (1996). *Medical Microbiology*. 4th edition. Galveston (TX): University of Texas Medical Branch at Galveston; Chapter 13.
- Pitts, N. B., Zero, D. T., Marsh, P. D., Ekstrand, K., Weintraub, J. A., Ramos-Gomez, F., Tagami, J., Twetman, S., Tsakos, G., & Ismail, A. (2017). Dental caries. *Nature Reviews Disease Primers*, 3, 17030.
- Pradila, F., & Rahman, A. P. (2025). Uji Sensitivitas Mikroba terhadap Antibiotik Dengan Metode Sumuran. *Jurnal Ilmiah Farmasi Attamru (JIFA)*, 6(2), 55-65.
- Pramusita, A., Yunus, R. M., Mukharromah, L., & Andriana, A. (2023). Antibacterial efficacy of *Mangifera indica* L. leaves extract against *Streptococcus* mutants. *Indonesian Journal of Dental Medicine*, 6(2).
- Prihatiningrum, B., Probosari, N., Dwiatmoko, S., & Wian, M. F. (2023). Hubungan penilaian risiko dan tingkat keparahan karies dengan frekuensi makan anak SDN Nogosari 2 Di Daerah Agroindustri Kabupaten Jember. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran*, 35(1), 55-61.
- Putri, R. N., Wahidah, S. N., Al Hafidz, I. T., & Faisal, F. (2023). Uji daya hambat antimikroba secara difusi sumuran dan difusi paper disk. *Era Sains: Jurnal Penelitian Sains, Keteknikan dan Informatika*, 1(4), 28-33.
- Ramadhan, F., Ramadana, M. M., Hastin, M. R., & Supriatna, A. (2024). Identifikasi Karakter Morfologi Mangga (*Mangifera Indica* L.) di Kecamatan Panyileukan, Jawa Barat, Indonesia. *Botani: Publikasi Ilmu Tanaman dan Agribisnis*, 1(3), 27-37.
- Rams TE, Degener JE, van Winkelhoff AJ. (2014). Antibiotic resistance in human chronic periodontitis microbiota. *J Periodontology* 85:160–169.
- Richards VP, Alvarez AJ, Luce AR, Bedenbaugh M, Mitchell ML, Burne RA, Nascimento MM. (2017). *Microbiomes of Site-Specific Dental Plaques From Children with Different Caries Status*. *Infect Immun* 85.

- Rifaannudin, M. (2022). Manfaat Tumbuhan Dalam Al Qur'an Bagi Kesehatan (Pendekatan Tafsir Ilmi). *Al-Muhafidz*, 2(1), 87-100.
- Rohama, R., Melviani, M., & Rahmadani, R. (2023). Aktivitas Antibakteri dan Penetapan Kadar Flavonoid Fraksi Daun Kalangkala (*Litsea angulata*) Serta Profil Kromatografi Lapis Tipis: Antibacterial Activity and Determination of Flavonoid Levels of Kalangkala Leaf Fraction (*Litsea angulata*) and Thin Layer Chromatography Profile. *Jurnal Surya Medika (JSM)*, 9(1), 267-276.
- Rosmania, R., & Yanti, F. (2020). Perhitungan jumlah bakteri di Laboratorium Mikrobiologi menggunakan pengembangan metode Spektrofotometri. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(2), 76-86.
- Salimi, Y., Tavahodi, N., Taheri, H., Masoudi, M., Modaber, M. S., Azimi, N., ... & Deravi, N. (2023). Effect of *Mangifera Indica* (Mango) on dental caries: A systematic review. *Nutrition and Metabolic Insights*, 16, 11786388231204200.
- Saputera, M. M. A., Marpaung, T. W. A., & Ayuchecaria, N. (2019). Konsentrasi hambat minimum (KHM) kadar ekstrak etanol batang bajakah tampala (*Spatholobus Littoralis Hassk*) terhadap bakteri *Escherichia coli* melalui metode sumuran. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 5(2), 167-173.
- Sari, V. K., Sa'diyah, H., Rusdiana, R. Y., Hariyono, K., & Hartatik, S. (2024). Keragaman Mangga (*Mangifera indica* L.) di Jawa Timur Berdasarkan Karakter Morfologi: Studi Kasus di Kabupaten Jember Diversity of Mango (*Mangifera indica* L.) in East Java Based on Morphological Characteristic: Case Study in Jember District.
- Senthil Kumar, S., Johnson, M. D., & Wilson, J. E. (2024). Insights into the enigma of oral streptococci in carcinogenesis. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 88(2), e00095-23.
- Shijila Rani, A. S., & Senthilkumar, G. (2021). Prospective approaches of hydrobionts for. Dalam *Advances in Probiotics*. Elsevier.
- Singh, S. K., Kumar, Y., Kumar, S. S., Sharma, V. K., Dua, K., & Samad, A. (2009). Antimicrobial evaluation of mangiferin analogues. *Indian journal of pharmaceutical sciences*, 71(3), 328.
- Viando, E., J., Sugiaman, V. K., & Pranata, N. (2023). Aktivitas antibakteri ekstrak daun mangga gedong terhadap *Streptococcus mutans*: Studi eksperimental. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran*, 35(2), 134-140.
- Zivković, J., Kumar, K. A., Rushendran, R., Ilango, K., Fahmy, N. M., El-Nashar, H. A., ... & Calina, D. (2024). Pharmacological properties of mangiferin: Bioavailability, mechanisms of action and clinical perspectives. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 397(2), 763-781.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Alat Penelitian

		
Autoklaf	Oven	Blender
		
Kertas Saring	Timbangan Analitik	Rotary Evaporator
		
Hotplate	Vortex	Jangka Sorong
		
Cawan Petri	Erlenmeyer	Jarum Ose
		
Bunsen	Mikropipet	Laminar Air Flow (LAF)

Lampiran 2 Bahan Penelitian

		
Daun Mangga Manalagi	Sampel Gigi Karies	Media Brain Heart Infusion Agar (BHIA)
		
HCL 1 N	R. Dragendorff	R. Mayer
		
FeCl3 1%	NaOH 0,1 N	HCl
		
NaCl Fisiologis	BaCl2 (Barium Klorida)	H2SO4 (Asam Sulfat)
		Clorheksidin
Red Phenol (Indikator pH)	Hidrogen Peroksida	

 Kristal Violet	 Iodin	 Akuades Steril
---	--	---

Lampiran 3 Dokumentasi Kegiatan

 Penimbangan simplisia	 Penyaringan ekstrak	 Ekstrak cair
 Penimbangan ekstrak kental	 Proses masak media agar	 Pembuatan media uji fermentasi karbohidrat



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIKIBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

Nama : Nur Fadhilatush Shofiyah
NIM : 19620028
Judul : Uji Daya Hambat Ekstrak Air Daun Mangga (*Mangifera indica*) terhadap Bakteri *Streptococcus mutans* Penyebab Karies Gigi

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si		
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc	25%	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi

Prof. Dr. Retno Susilowati, M.Si
NIP. 19671113 199402 2 001



JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 19620028
Nama : NUR FADHILATUSH SHOFIYAH
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : BIOLOGI
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Dr. RETNO SUSILOWATI, M.Si
Dosen Pembimbing 2 : Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : Pengaruh daun jarak pagar terhadap bakteri penyebab karies gigi

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	07 November 2022	Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag	REVIEW BAB II	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
2	15 November 2022	Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag	REVIEW BAB II	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
3	22 November 2022	Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag	REVIEW BAB III	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
4	22 Desember 2025	Prof. Dr. RETNO SUSILOWATI, M.Si	persiapan penelitian	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
5	09 Januari 2026	Prof. Dr. RETNO SUSILOWATI, M.Si	konsultasi bab 3	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
6	04 Juni 2026	Prof. Dr. RETNO SUSILOWATI, M.Si	bimbingan hasil bab 4	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
7	08 Juni 2026	Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag	Bimbingan bab 4	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
8	09 Juni 2026	Prof. Dr. RETNO SUSILOWATI, M.Si	Bimbingan bab IV	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
9	10 Juni 2026	Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag	Bimbingan revisi BAB 4	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag

Malang, 12 Juni 2026
Dosen Pembimbing 1

Prof. Dr. RETNO SUSILOWATI, M.Si

Kajur / Kaprodi,