

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman saat ini, banyak terjadi perubahan gaya hidup di masyarakat, khususnya dalam pemilihan makanan sehari-hari. Perubahan gaya hidup ini tidak hanya terjadi di kalangan orang dewasa, tetapi juga pada anak-anak dan remaja, yang cenderung mengonsumsi makanan ringan, minuman bersoda, dan permen dalam jumlah yang tinggi. Karena perubahan gaya hidup dan kurangnya masyarakat menjaga kesehatan gigi dan mulut, dapat mempengaruhi munculnya masalah pada kesehatan gigi dan mulut, salah satunya karies. Untuk mengatasi hal tersebut, dikembangkan suatu upaya yaitu menggunakan bahan alami untuk mencegah karies, sebagai alternatif terhadap bahan kimia yang dapat menimbulkan efek samping jika digunakan dalam jangka panjang.

Karies gigi merupakan suatu penyakit rusaknya jaringan keras gigi, yaitu email, dentin, dan sementum, yang disebabkan oleh aktivitas suatu jasad renik dalam suatu karbohidrat yang dapat diragikan, dengan tanda yaitu adanya demineralisasi jaringan keras gigi yang kemudian diikuti oleh kerusakan bahan organik (Loesche, 2015). Karies gigi menjadi salah satu masalah kesehatan mulut yang paling umum di seluruh dunia dan masih menjadi tantangan besar, terutama di negara berkembang. Penyakit ini bersifat multifaktorial dan umumnya terjadi akibat interaksi antara bakteri, substrat (*karbohidrat fermentabel*), waktu, serta host atau inang (faktor individu). Salah satu bakteri utama penyebab karies

gigi adalah *Streptococcus mutans*, yang memiliki kemampuan untuk memfermentasi gula menjadi asam laktat, menurunkan pH rongga mulut, dan menyebabkan demineralisasi enamel gigi sehingga memicu pembentukan lesi karies (Tinanoff & Reisine, 2020).

Streptococcus mutans merupakan bakteri gram-positif berbentuk kokus (bulat) yang tersusun dalam rantai pendek dan termasuk ke dalam kelompok *Streptococcus viridans*. Bakteri ini bersifat fakultatif anaerob, artinya dapat tumbuh baik dalam kondisi oksigen maupun tanpa oksigen, dan merupakan salah satu mikroorganisme yang paling dominan serta berperan besar dalam etiologi karies gigi pada manusia, terutama pada anak-anak. Keberadaan *Streptococcus mutans* dalam rongga mulut telah banyak dikaitkan dengan permulaan dan perkembangan karies karena kemampuannya dalam menghasilkan asam laktat dari fermentasi karbohidrat, khususnya sukrosa. Proses ini menyebabkan penurunan pH di permukaan gigi, yang pada akhirnya memicu proses demineralisasi email dan dentin secara terus-menerus jika tidak diimbangi oleh remineralisasi dari saliva atau fluor. Sebagian besar telah diterima bahwa potensi kariogenik *Streptococcus mutans* berada dalam tiga atribut inti: (i) kemampuan untuk mensintesis sejumlah besar polimer ekstraseluler glukon dari sukrosa yang membantu dalam kolonisasi permanen permukaan keras dan dalam pengembangan matriks polimer ekstraseluler in situ, (ii) kemampuan untuk mengangkut dan memetabolisme berbagai macam karbohidrat menjadi asam organik (asidogenesis), dan (iii) kemampuan untuk berkembang di bawah kondisi tekanan lingkungan, terutama pH rendah (keasaman). *Streptococcus mutans* dapat diklasifikasikan ke dalam empat kelompok serologis (c, e, f, dan k) berdasarkan komposisi polisakarida rhamnosa-

glukosa permukaan sel, dengan 75% strain diisolasi dari plak gigi milik serotipe c, 20% ke serotipe e, dan 5% sisanya diklasifikasikan sebagai serotipe f atau k (Lemos dkk., 2019).

Penanggulangan karies gigi umumnya melibatkan penggunaan antiseptik kimia seperti klorheksidin, namun penggunaannya dalam jangka panjang dapat menimbulkan efek samping seperti iritasi mukosa, perubahan warna gigi, dan resistensi mikroba. Permasalahan penyakit karies gigi yang disebabkan oleh bakteri *Streptococcus mutans* ini dapat ditangani dengan menggunakan bahan alam yang memiliki kemampuan antibakteri. Bahan alam yang sudah diketahui sebagai tanaman obat dan banyak dimanfaatkan adalah buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). Buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) merupakan tumbuhan asli Indonesia yang memiliki berbagai kandungan senyawa aktif dengan potensi farmakologis. Kandungan bioaktifnya meliputi skopoletin, polisakarida, asam askorbat, β -karoten, 1-arginin, proxeronin, proxeroninase, asperulosid, iridoid, antrakuinon, asam lemak, kalsium, vitamin B, asam amino, glikosida, serta glukosa. Selain itu, buah mengkudu juga mengandung senyawa spesifik yang diketahui memiliki aktivitas antibakteri, antara lain tanin, saponin, alkaloid, dan flavonoid (Susiana, 2016). Senyawa-senyawa tersebut bekerja dengan mekanisme menghambat pertumbuhan bakteri melalui kerusakan membran sel, penghambatan sintesis protein, serta gangguan terhadap aktivitas enzim bakteri.

Beberapa studi in vitro telah menunjukkan bahwa ekstrak buah mengkudu efektif menghambat pertumbuhan berbagai bakteri patogen, termasuk *Streptococcus mutans*. Penelitian oleh Makolit dkk., (2017) menemukan bahwa ekstrak buah mengkudu menunjukkan zona hambat terhadap *Streptococcus mutans*

pada konsentrasi 50%, lalu adapun penelitian oleh (Sembiring dkk., 2023) menemukan bahwa ekstrak buah mengkudu menggunakan konsentrasi 60%, 70% dan 80% memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*, *Salmonella thypi*, *Staphylococcus aureus*, dan *Staphylococcus epidermidis*. Temuan ini mendukung hipotesis bahwa buah mengkudu berpotensi dikembangkan sebagai agen antibakteri alami, khususnya dalam pencegahan dan pengendalian penyakit karies gigi yang disebabkan oleh *Streptococcus mutans*

Namun, pada penelitian-penelitian sebelumnya, belum terdapat pengujian yang secara khusus menggunakan ekstrak buah mengkudu dengan konsentrasi 15% dan 30% terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans* secara in vitro. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan optimal ekstrak buah mengkudu dalam menghambat pertumbuhan bakteri penyebab karies.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan suatu masalah apakah ekstrak buah mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) konsentrasi 15% dan 30% efektif menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* secara in vitro.

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas ekstrak buah mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) konsentrasi 15% dan 30% terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* secara in vitro.

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana perbandingan efektivitas ekstrak buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) konsentrasi 15% dan 30% terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* secara in vitro.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Akademik

Manfaat akademik dari penelitian ini adalah dapat menambah informasi dan wawasan mengenai potensi ekstrak buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) efektif menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans* secara in vitro

1.4.2 Manfaat Praktis

Manfaat praktis dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi mengenai potensi penggunaan ekstrak buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) sebagai alternatif pilihan bahan alami yang dapat digunakan dalam pencegahan dan pengobatan karies gigi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Anatomi Gigi

Anatomi gigi merupakan struktur kompleks yang terdiri dari bagian luar hingga dalam, masing-masing memiliki fungsi vital dalam proses pengunyahan, bicara, dan estetika. Secara umum, gigi terbagi menjadi dua bagian utama yaitu mahkota (*korona*) dan akar (*radiks*). Mahkota adalah bagian gigi yang tampak di rongga mulut, dilapisi oleh enamel, jaringan terkeras di tubuh manusia yang tersusun atas kristal hidroksiapatit. Di bawah enamel terdapat dentin, jaringan berpori yang lebih lunak dan mengandung tubulus dentin yang menghubungkan ke pulpa. Pulpa sendiri merupakan jaringan lunak berisi pembuluh darah, saraf, dan jaringan ikat yang berperan penting dalam memberi nutrisi dan sensasi pada gigi (Yulianto dkk., 2021).

Akar gigi tertanam dalam tulang alveolar dan dilapisi oleh sementum, jaringan yang memungkinkan perlekatan ligamen periodontal. Ligamen ini berfungsi menjaga kestabilan gigi dan menyerap tekanan kunyah (Putri & Lestari, 2021). Di antara mahkota dan akar terdapat bagian *serviks* atau leher gigi, sebagai batas antara enamel dan sementum. Anatomi ini menjadi dasar penting dalam memahami fungsi biologis dan mekanis gigi serta hubungannya dengan kesehatan rongga mulut secara keseluruhan (Ahmed dkk., 2023). Perawatan anatomi gigi yang baik dapat mencegah berbagai penyakit gigi dan mulut, serta mendukung kualitas hidup yang optimal (Sari & Wijaya, 2020).

2.1.1 Email

Email gigi (enamel) merupakan jaringan terluar yang membungkus mahkota gigi dan berfungsi sebagai pelindung utama terhadap berbagai ancaman fisik, kimia, maupun biologis. Jaringan ini merupakan bagian terkeras dalam tubuh manusia karena tersusun atas sekitar 96% mineral anorganik berupa kristal hidroksiapatit, sementara sisanya terdiri atas air dan bahan organik (Yulianto dkk., 2022). Meskipun kuat, email tidak memiliki sel dan pembuluh darah, sehingga tidak memiliki kemampuan regenerasi apabila mengalami kerusakan. Warna email bervariasi dari putih keabu-abuan hingga kekuningan, bergantung pada ketebalannya dan warna dentin di bawahnya. Secara fungsional, email berperan penting dalam mencegah kerusakan dentin dan pulpa akibat tekanan mekanis dari aktivitas mengunyah, serta membantu menjaga kestabilan suhu dan pH dalam rongga mulut. Namun, paparan berulang terhadap asam dari makanan atau hasil metabolisme bakteri seperti *Streptococcus mutans* dapat menyebabkan demineralisasi email, yang menjadi awal mula terbentuknya karies gigi jika tidak diimbangi dengan proses remineralisasi (Sari & Wijaya, 2020).

2.1.2 Dentin

Dentin adalah jaringan keras gigi yang terletak di bawah enamel dan sementum, membentuk sebagian besar struktur gigi. Dentin memiliki komposisi sekitar 70% bahan anorganik (terutama kristal hidroksiapatit), 20% bahan organik (terutama kolagen tipe I), dan 10% air (Putri dkk., 2021). Berbeda dengan enamel, dentin bersifat vital karena mengandung tubulus dentin saluran-saluran kecil yang di dalamnya terdapat prosesus odontoblast (perpanjangan sel odontoblas dari pulpa gigi). Tubulus ini memungkinkan adanya komunikasi antara bagian luar gigi dan

pulpa, sehingga dentin memiliki sensitivitas terhadap rangsangan panas, dingin, atau tekanan (Handayani dkk., 2022).

Secara biologis, dentin lebih elastis dibandingkan enamel, sehingga berfungsi sebagai penyangga untuk mencegah retaknya enamel saat menerima beban kunyah. Namun, dentin juga lebih mudah mengalami kerusakan karena kurang mineral dibandingkan enamel. Ketika enamel rusak akibat proses demineralisasi, lapisan dentin menjadi target utama invasi bakteri, yang dapat menimbulkan rasa nyeri dan berlanjut ke infeksi pulpa apabila tidak segera ditangani (Suryani dkk., 2023).

2.1.3 Pulpa

Pulpa adalah jaringan lunak yang terletak di bagian paling dalam gigi dan merupakan pusat vitalitas gigi. Pulpa terdiri dari pembuluh darah, saraf, jaringan ikat, dan sel-sel khusus seperti odontoblas yang bertanggung jawab dalam pembentukan dentin sekunder. Jaringan ini berada dalam ruang pulpa yang terdiri atas ruang pulpa koronal di mahkota gigi dan saluran akar di bagian akar gigi (Herlina dkk., 2021). Fungsi utama pulpa adalah memberikan nutrisi dan sensasi pada gigi serta bertindak sebagai sistem pertahanan biologis dengan membentuk dentin baru sebagai respon terhadap rangsangan atau kerusakan.

Pulpa memiliki peran penting dalam mempertahankan kesehatan jaringan keras gigi. Melalui jaringan pembuluh darahnya, pulpa mengalirkan nutrisi dan oksigen yang diperlukan oleh odontoblas serta mengeluarkan limbah metabolisme. Pulpa juga sensitif terhadap rangsangan termal, kimiawi, dan mekanis, karena dipersarafi oleh saraf sensorik, sehingga bila terjadi kerusakan atau infeksi, dapat menimbulkan rasa nyeri yang tajam atau berdenyut (Setiawan dkk., 2022). Jika

infeksi tidak ditangani, proses inflamasi dapat menyebar ke jaringan periapikal, menyebabkan abses atau bahkan kehilangan gigi.

Secara klinis, keberadaan pulpa yang sehat sangat penting dalam perawatan konservatif seperti perawatan saluran akar atau vital pulp therapy, khususnya pada gigi anak-anak yang masih dalam fase pertumbuhan. Maka, menjaga integritas pulpa menjadi aspek penting dalam mencegah komplikasi dental yang lebih serius (Rahmawati & Dewi, 2023).

2.2 Karies

Karies gigi merupakan suatu kondisi patologis yang menyerang jaringan keras gigi, yaitu email, dentin, dan sementum, akibat aktivitas mikroorganisme yang memfermentasi karbohidrat. Proses ini memicu terjadinya demineralisasi enamel oleh asam yang dihasilkan dari fermentasi gula oleh bakteri, diikuti oleh destruksi struktur organik gigi. Tahap lanjut dari kondisi ini dapat melibatkan invasi bakteri ke dalam jaringan pulpa, menyebabkan nekrosis pulpa, dan meluas hingga ke jaringan periapikal, yang dapat menimbulkan rasa nyeri hingga komplikasi infeksi yang lebih serius (Listrianah dkk., 2019).

Penyakit karies bersifat progresif dan kumulatif apabila tidak segera ditangani, karena proses patologisnya terus berlangsung seiring waktu. Penyebab utama perkembangan karies adalah adanya pertumbuhan bakteri seperti *Streptococcus mutans* yang sangat efektif dalam lingkungan yang kaya sukrosa misalnya sisa makanan manis yang tertinggal di sela-sela gigi. Bakteri ini membentuk plak gigi, menghasilkan asam dari hasil metabolisme gula, dan menciptakan kondisi asam (pH rendah) yang mengakselerasi proses demineralisasi

enamel. Jika dibiarkan, proses ini akan menyebabkan terbentuknya lubang atau kavitas pada permukaan gigi (Sari & Waningsih, 2018).

2.2.1 Definisi Karies

Karies gigi merupakan salah satu penyakit infeksi kronis yang paling umum terjadi pada manusia, terutama pada anak-anak. Penyakit ini ditandai oleh kerusakan jaringan keras gigi seperti email, dentin, dan sementum, akibat proses demineralisasi yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dalam rongga mulut. Bakteri seperti *Streptococcus mutans* memetabolisme *karbohidrat fermentabel* dari sisa makanan (seperti gula dan pati) menjadi asam. Asam yang dihasilkan tersebut kemudian menurunkan pH plak gigi, menyebabkan hilangnya mineral dari struktur gigi (Widyaningrum dkk., 2022).

Menurut Pratiwi dkk., (2021), karies gigi merupakan proses multifaktorial yang terjadi akibat interaksi antara gigi sebagai inang, mikroflora mulut (terutama bakteri kariogenik), substrat makanan (*karbohidrat fermentabel*), dan waktu. Karies berkembang secara perlahan namun progresif, dimulai dari white spot (lesi awal) hingga terbentuknya kavitas (lubang pada gigi). Pada tahap lanjut, karies dapat menyebabkan invasi bakteri ke pulpa, menimbulkan rasa nyeri hebat, abses, bahkan kehilangan gigi permanen (Gambar 2.1).

World Health Organization (WHO, 2020) menyatakan bahwa karies gigi adalah salah satu masalah kesehatan masyarakat global yang paling besar, karena prevalensinya yang tinggi serta dampaknya terhadap kualitas hidup. Karies gigi yang tidak ditangani dapat mengganggu fungsi makan, berbicara, tidur, serta menurunkan kepercayaan diri anak-anak. Pada anak usia dini, kondisi ini dikenal

sebagai *Early Childhood Caries (ECC)*, dan dapat memengaruhi pertumbuhan serta perkembangan sistem stomatognatik anak (Alazmah, 2021).



Gambar 2.1 Karies gigi (Sumber : Fian, 2010)

2.2.2 Klasifikasi Karies

a. Klasifikasi karies menurut G.V. Black (1924)

Klasifikasi karies menurut G.V. Black (1924) dibagi menjadi enam kelas berdasarkan lokasi anatomis karies pada permukaan gigi. Penjelasannya sebagai berikut:

1) Kelas I

Merupakan karies yang terjadi pada permukaan oklusal gigi posterior, terutama pada premolar dan molar. Karies ini juga mencakup lesi pada fisura bukal molar rahang bawah, fisura palatal molar rahang atas, serta ceruk atau lekuk pada permukaan palatal atau lingual gigi anterior.

2) Kelas II

Karies ini menyerang permukaan proksimal (mesial dan distal) dari gigi posterior seperti premolar dan molar, yang biasanya tidak terlihat secara langsung tanpa alat bantu pemeriksaan.

3) Kelas III

Merupakan jenis karies yang terjadi pada permukaan proksimal (mesial atau distal) gigi anterior (gigi insisivus dan kaninus), namun tidak melibatkan bagian tepi insisal gigi tersebut.

4) Kelas IV

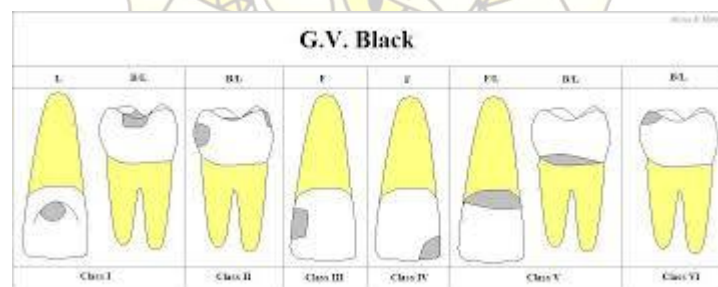
Berbeda dengan kelas III, karies kelas IV terjadi pada permukaan proksimal gigi anterior dan meluas hingga mengenai tepi insisal gigi.

5) Kelas V

Karies ini berada di bagian servikal gigi, yaitu sepertiga bagian bawah mahkota gigi (pada area leher gigi), dan dapat terjadi pada semua jenis gigi, baik anterior maupun posterior.

6) Kelas VI

Merupakan karies yang terjadi pada ujung tonjol gigi atau cusp tip, biasanya pada premolar, molar, maupun kaninus, yang secara anatomi merupakan bagian puncak dari permukaan oklusal (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Klasifikasi G.V. Black

b. Klasifikasi karies menurut *ICDAS (International Caries Detection and Assessment System)*

Karies menurut *ICDAS* merupakan sistem standar internasional untuk mendeteksi, menilai, dan mencatat tingkat keparahan karies gigi berdasarkan perubahan visual pada email dan dentin, baik pada gigi yang kering maupun basah. Kode deteksi *ICDAS* untuk karies koronal berkisar antara 0 hingga 6. Terdapat sedikit variasi antara tanda-tanda visual yang terkait dengan setiap kode, tergantung pada sejumlah faktor, termasuk karakteristik permukaan pit dan fisura, keberadaan

gigi yang berdekatan, dan permukaan mesial dan distal. (Neeraj Gugnani dkk., 2011) (Gambar 2.3).

1) kode 0: Tidak ada karies (*sound tooth surface*)

Permukaan gigi tampak normal, tidak ada perubahan warna atau kehilangan struktur email.

2) kode 1: Perubahan visual awal pada email (*Initial visual change in enamel*)

Ketika terlihat basah, tidak ada bukti perubahan warna yang disebabkan oleh aktivitas karies. Namun, setelah pengeringan udara dalam waktu lama, akan terlihat kekeruhan atau perubahan warna karies (lesi putih atau coklat) yang tidak sesuai dengan tampilan klinis email yang sehat, atau ketika terdapat perubahan warna akibat karies yang tidak sesuai dengan tampilan klinis email yang sehat dan terbatas pada area pit dan fisura (baik terlihat basah maupun kering).

3) Kode 2: Perubahan visual yang jelas pada enamel (*Distinct visual change in enamel*)

Gigi harus dilihat dalam keadaan basah. Saat basah, terdapat kekeruhan karies (lesi bercak putih) dan/atau perubahan warna karies menjadi coklat yang lebih lebar dari fisura/fosa alaminya, yang tidak sesuai dengan tampilan klinis email yang sehat (lesi harus tetap terlihat saat kering).

4) Kode 3: Kerusakan lokal pada email tanpa dentin terbuka (*Localized enamel breakdown*)

Gigi yang dilihat basah mungkin memiliki kekeruhan karies yang jelas (lesi bercak putih) dan/atau perubahan warna karies menjadi coklat yang lebih lebar dari fisura/fossa alami yang tidak konsisten dengan tampilan klinis email yang sehat.

Setelah kering, terdapat kehilangan struktur gigi akibat karies di pintu masuk atau di dalam pit atau fisura/fosa

5) Kode 4: Bayangan gelap dari dentin (*Underlying dark shadow from dentin*)

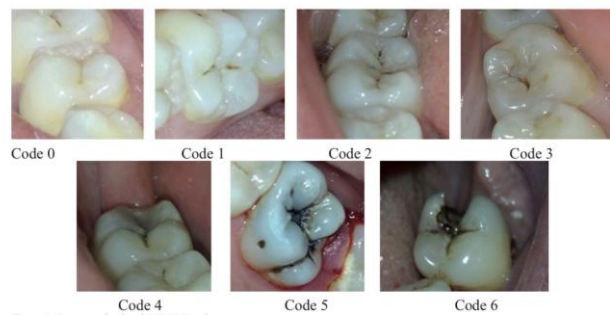
Sebagai bayangan dentin yang berubah warna, terlihat melalui permukaan email yang tampak utuh, yang mungkin menunjukkan atau tidak menunjukkan tanda-tanda kerusakan lokal (hilangnya kontinuitas permukaan yang tidak memperlihatkan dentin). Penampakan bayangan ini seringkali lebih mudah terlihat saat gigi basah. Area yang gelap merupakan bayangan intrinsik yang mungkin berwarna abu-abu, biru, atau coklat. Bayangan tersebut harus secara jelas mewakili karies yang dimulai pada permukaan gigi yang dievaluasi.

6) Kode 5: Kavitas jelas dengan dentin terlihat (*Distinct cavity with visible dentin*)

Kavitasi pada email yang buram atau berubah warna memperlihatkan dentin di bawahnya. Gigi yang terlihat basah mungkin mengalami penggelapan dentin yang terlihat melalui email. Setelah kering, terdapat bukti visual hilangnya struktur gigi di bagian masuknya, atau di dalam lubang atau celah kavitasi nyata. Ada visual bukti adanya demineralisasi di pintu masuk atau dalam pit atau fisura dan menurut penilaian pemeriksa dentin terekspos.

7) Kode 6: Kavitas besar dengan dentin terlihat luas (*Extensive distinct cavity with visible dentin*)

Hilangnya struktur gigi yang nyata, rongga gigi dalam dan lebar, dan dentin terlihat jelas di dinding dan pangkal gigi. Rongga gigi yang luas melibatkan setidaknya separuh permukaan gigi atau bahkan mencapai pulpa.



Gambar 2.3 Klasifikasi ICDAS

(*International Caries Detection and Assessment System*)

c. Klasifikasi karies menurut *Mount and Hume*

Klasifikasi Mount and Hume merupakan jenis klasifikasi karies berdasarkan letak dan ukuran/luas karies. Klasifikasi letak karies dilakukan berdasarkan area gigi yang sering menjadi awal terbentuknya karies, yaitu area pit atau fissure, area proksimal (contact area), dan area servikal, sedangkan klasifikasi berdasarkan luas kavitas dibagi 5, yaitu tidak ada kavitas, kavitas kecil, kavitas sedang, kavitas besar, dan kavitas yang meluas (Regia Aristiyanto dkk., 2023).

1) Klasifikasi berdasarkan site:

- a) Site 1: Karies pada pit dan fissure di permukaan oklusal gigi anterior maupun gigi posterior.
- b) Site 2: Karies pada permukaan aproksimal gigi anterior maupun posterior.
- c) Site 3: Karies pada 1/3 mahkota dilihat dari akar (servikal) sejajar dengan gingival.

2) Klasifikasi menurut size:

- a) Size 0: Lesi paling awal yang diidentifikasi sebagai tahap awal dari demineralisasi berupa white spot.

- b) Size 1: Kavitas permukaan minimal. Masih dapat disembuhkan dengan peningkatan remineralisasi struktur gigi.
- c) Size 2: Kavitas yang sedikit melibatkan dentin. Kavitas yang terbentuk berukuran sedang dan masih menyisakan struktur email yang didukung dengan baik oleh dentin dan cukup kuat untuk menyokong restorasi.
- d) Size 3: Kavitas yang lebih luas dari size 2. Struktur gigi yang tersisa lemah dan cusp atau sudut insisnya telah rusak sehingga tidak dapat beroklusi dengan baik dan kurang mampu menyokong restorasi.
- e) Size 4: Karies meluas dan hampir semua struktur gigi hilang seperti kehilangan cusp lengkap atau sudut insisal. Karies hampir atau sudah mengenai pulpa (Mount dan Hume, 2005).

2.2.3 Etiologi Karies

Karies gigi merupakan suatu kondisi multifaktorial yang disebabkan oleh kombinasi antara faktor internal dan eksternal individu. Faktor internal adalah unsur-unsur yang terdapat dalam rongga mulut yang berperan langsung terhadap proses terjadinya karies. Sementara itu, faktor eksternal adalah unsur di luar tubuh individu yang turut berkontribusi secara tidak langsung terhadap risiko terjadinya karies (Rahmawati, 2011).

a. Faktor Internal

1) Mikroorganisme

Bakteri merupakan elemen penting dalam proses awal terjadinya karies. Bakteri dalam plak gigi dapat memfermentasi karbohidrat menjadi asam,

menyebabkan penurunan pH di sekitar permukaan gigi. Spesies *Streptococcus mutans*, terutama serotipe C, diketahui sebagai penyebab utama karena memiliki kemampuan tinggi dalam memetabolisme sukrosa menjadi asam (Kidd, 2013). Proses ini memicu demineralisasi jaringan keras gigi yang jika berlangsung terus-menerus akan menyebabkan karies.

2) Host

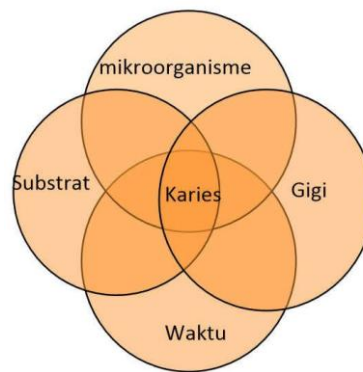
Anatomi gigi dan kondisi mulut seseorang mempengaruhi kerentanan terhadap karies. Permukaan gigi yang sulit dijangkau saat menyikat seperti pit dan fisur, area aproksimal, serta permukaan akar yang terbuka cenderung menjadi lokasi utama pembentukan plak dan karies. Faktor-faktor seperti resesi gingiva, tumpatan gigi yang buruk, serta keberadaan gigi tiruan juga dapat meningkatkan risiko (Kidd, 2013).

3) Substrat

Konsumsi makanan dan minuman yang mengandung karbohidrat fermentatif sangat berperan dalam pembentukan asam oleh bakteri. Sukrosa merupakan jenis gula paling kariogenik dibanding glukosa, fruktosa, dan laktosa karena lebih cepat dikonversi menjadi polisakarida oleh bakteri, mempercepat proses pembentukan plak (Tarigan, 2014).

4) Waktu

Lama waktu paparan gigi terhadap lingkungan asam menentukan tingkat keparahan karies. Meski karies tidak berkembang dalam hitungan hari, prosesnya berlangsung kumulatif dalam jangka waktu bulan hingga tahun. Dalam fase ini, remineralisasi oleh saliva masih mungkin terjadi dan menjadi momen penting untuk intervensi pencegahan (Kidd & Sally, 2013).



Gambar 2.4 Diagram Lingkaran Faktor Penyebab Karies

b. Faktor Eksternal

1) Ras

Meskipun sulit ditentukan secara pasti, beberapa penelitian menunjukkan bahwa struktur rahang dan susunan gigi yang tidak teratur pada kelompok etnis tertentu dapat mempengaruhi tingkat kejadian karies. Misalnya, individu dengan rahang sempit lebih rentan mengalami karies karena sulit menjaga kebersihan gigi (Tarigan, 2014).

2) Jenis Kelamin

Studi menunjukkan bahwa wanita cenderung memiliki prevalensi karies lebih tinggi dibanding pria, yang kemungkinan disebabkan oleh faktor hormonal, kebiasaan makan, serta kebersihan mulut (Tarigan, 2014).

3) Usia

Anak-anak usia 6–12 tahun, terutama pada masa gigi campuran, berisiko tinggi mengalami karies karena kurangnya pemahaman dan kemampuan menjaga kebersihan gigi. Gigi molar pertama sering menjadi target utama karies pada usia ini (Tarigan, 2014).

4) Makanan

Asupan makanan berpengaruh besar terhadap kesehatan gigi. Makanan yang bersifat abrasif seperti apel dan jambu air dapat membantu membersihkan gigi secara alami, sementara makanan manis, lunak, dan lengket seperti permen dan coklat meningkatkan risiko pembentukan plak dan karies.

2.2.4 Patofisiologi Karies

Proses terjadinya karies dimulai ketika bakteri kariogenik dan makanan yang berperan sebagai sumber karbohidrat berada di permukaan gigi. Bakteri kariogenik dari hasil proses metabolisme akan menghasilkan suatu produk yaitu berupa asam dari fermentasi karbohidrat. Asam ini akan menyebabkan pH di dalam rongga mulut turun sehingga pH akan mencapai pH kritis yaitu sebesar 5,5 pada enamel dan 6,2 pada dentin. Asam tersebut akan memiliki akses untuk masuk ke dalam gigi melalui poros email. Asam akan menghasilkan ion hidrogen ketika masuk di dalam gigi yang akan melarutkan ion-ion mineral yaitu ion kalsium dan ion fosfat. Proses larutnya ion-ion mineral ini disebut sebagai proses demineralisasi. Ketika gigi secara konsisten terus kehilangan ion-ion mineral tanpa diimbangi dengan proses remineralisasi maka proses karies akan berlanjut hingga terbentuk suatu kavitas di permukaan enamel gigi. Setelah dari enamel, proses tersebut dapat berjalan terus hingga kearah dentin, bahkan dapat membahayakan vitalitas suatu gigi (Ritter dkk., 2018).

2.3 Streptococcus Mutans

Streptococcus mutans merupakan bakteri gram-positif berbentuk kokus (bulat) yang tersusun dalam rantai pendek dan termasuk ke dalam kelompok *Streptococcus viridans*. Bakteri ini bersifat fakultatif anaerob, artinya dapat tumbuh

baik dalam kondisi oksigen maupun tanpa oksigen, dan merupakan salah satu mikroorganisme yang paling dominan serta berperan besar dalam etiologi karies gigi pada manusia, terutama pada anak-anak. Keberadaan *Streptococcus mutans* dalam rongga mulut telah banyak dikaitkan dengan permulaan dan perkembangan karies karena kemampuannya dalam menghasilkan asam laktat dari fermentasi karbohidrat, khususnya sukrosa. Proses ini menyebabkan penurunan pH di permukaan gigi, yang pada akhirnya memicu proses demineralisasi email dan dentin secara terus-menerus jika tidak diimbangi oleh remineralisasi dari saliva atau fluor.

Salah satu karakteristik penting dari *Streptococcus mutans* adalah kemampuannya dalam membentuk polisakarida ekstraseluler seperti glukon melalui aktivitas enzim *glukosiltransferase (GTF)*, yang sangat membantu dalam pembentukan biofilm atau plak gigi. Plak ini memungkinkan bakteri untuk berkolonisasi secara permanen pada permukaan gigi dan menjadikannya sebagai tempat produksi asam secara lokal. Selain itu, bakteri ini bersifat asidurik, yang berarti mampu bertahan dan tetap aktif pada kondisi lingkungan yang sangat asam (pH rendah), sesuatu yang tidak dapat dilakukan oleh sebagian besar bakteri lainnya. Hal ini menjadikan *Streptococcus mutans* sangat efektif dalam menciptakan lingkungan mulut yang kariogenik.

Menurut (Kusumaningtyas dkk., 2021), *Streptococcus mutans* menjadi patogen utama penyebab karies karena mekanisme kolonisasi dan produksi asamnya yang agresif serta kemampuannya untuk bertahan dalam lingkungan yang tidak menguntungkan. Hal ini diperkuat oleh penelitian Alazmah (2017) yang menunjukkan bahwa prevalensi karies sangat berkorelasi dengan tingkat kolonisasi

Streptococcus mutans dalam plak gigi anak-anak. Selain itu, *Streptococcus mutans* juga memiliki kemampuan untuk mengubah kondisi mikroekologis di rongga mulut, sehingga membuatnya lebih sulit bagi bakteri non-kariogenik untuk bertahan hidup, yang pada akhirnya meningkatkan dominasi *Streptococcus mutans* dalam komunitas mikroba mulut.

2.3.1 Klasifikasi

Klasifikasi *Streptococcus mutans* secara ilmiah adalah sebagai berikut:

- Kingdom: *Bacteria*
- Filum: *Firmicutes*
- Kelas: *Bacilli*
- Ordo: *Lactobacillales*
- Famili: *Streptococcaceae*
- Genus: *Streptococcus*
- Spesies: *Streptococcus mutans*

2.3.2 Morfologi dan Identifikasi

Streptococcus mutans merupakan bakteri gram-positif berbentuk kokus yang umumnya tersusun dalam rantai pendek. Bakteri ini bersifat anaerob fakultatif, tidak membentuk spora, dan tidak memiliki alat gerak (non-motil). Ukuran diameternya berkisar antara 0,5–0,75 mikrometer. Koloni *Streptococcus mutans* pada media Mitis Salivarius Bacitracin (MSB) agar biasanya berbentuk cembung, berkilau, dan berwarna kebiruan (Kusumaningtyas dkk., 2021). Dalam proses identifikasi, pewarnaan Gram menunjukkan hasil positif, disertai dengan hasil uji biokimia seperti fermentasi manitol positif, uji katalase negatif, dan uji arginin negatif (Putri dkk., 2022). Identifikasi lebih lanjut dapat dilakukan dengan

PCR, terutama untuk mendeteksi gen spesifik seperti *glucosyltransferase B* dan *surface protein antigen P* yang berkaitan dengan virulensi dan kemampuan adhesi (Rahayu dkk., 2022). *Streptococcus mutans* menjadi agen utama penyebab karies karena kemampuannya dalam memetabolisme karbohidrat menjadi asam laktat, menghasilkan biofilm, dan bertahan dalam lingkungan asam di plak gigi, sehingga berkontribusi pada demineralisasi email gigi (Wijayanti dkk., 2023). Keberadaan dan dominasi *Streptococcus mutans* dalam plak gigi anak dengan *Early Childhood Caries (ECC)* menunjukkan pentingnya pencegahan sejak dini (Halang, 2024).

2.3.3 Patogenesis

Proses patogenesis dimulai dengan kemampuan *Streptococcus mutans* melakukan kolonisasi pada permukaan gigi melalui adhesi yang dimediasi oleh glukan yang disintesis dari sukrosa oleh enzim *glukosiltransferase (GTF)*. Glukan ini memungkinkan bakteri menempel erat dan membentuk biofilm atau plak gigi. Setelah kolonisasi, *Streptococcus mutans* memfermentasi karbohidrat dari sisa makanan menjadi asam laktat. Produksi asam inilah yang menyebabkan penurunan pH lokal di sekitar permukaan gigi. Ketika pH turun di bawah 5,5, proses demineralisasi email gigi akan berlangsung, yang kemudian mengawali proses terjadinya karies gigi (Kusumaningtyas dkk., 2021).

Selain menghasilkan asam, *Streptococcus mutans* juga bersifat asidurik, yaitu mampu bertahan hidup dan berkembang biak dalam lingkungan yang sangat asam. Karakter ini membuatnya dominan dalam plak yang bersifat kariogenik. Biofilm yang terbentuk juga menghalangi akses saliva yang bersifat buffer (memiliki kemampuan untuk menjaga keseimbangan dan menetralkan pH di dalam mulut) dan kaya mineral, sehingga mempercepat demineralisasi dan menghambat

proses remineralisasi alami. Dalam jangka panjang, hal ini akan menyebabkan terbentuknya kavitas dan dapat mencapai dentin, bahkan pulpa jika tidak ditangani (Wijayanti dkk., 2023).

Streptococcus mutans juga menghasilkan enzim proteolitik dan berbagai faktor virulensi seperti antigen I/II, yang berperan dalam adhesi dan stimulasi respon imun inang. Aktivitas ini dapat memicu peradangan lokal dan memperburuk kondisi jaringan keras gigi. Oleh karena itu, strategi pencegahan karies sangat berfokus pada pengurangan jumlah *Streptococcus mutans* dalam rongga mulut, baik melalui kebersihan oral, diet rendah gula, maupun intervensi antimikroba alami maupun sintetis (Rahayu dkk., 2022; Halang, 2024).

2.4 Mengkudu (*Morinda citrifolia* L)

Buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) merupakan salah satu tanaman tropis yang umum ditemukan di lingkungan sekitar, baik di daerah pantai maupun dataran tinggi hingga ketinggian 1500 meter di atas permukaan laut. Tanaman ini dikenal sebagai tanaman liar yang berbuah sepanjang tahun, dengan bentuk dan ukuran buah yang beragam, serta mengandung banyak biji bahkan bisa mencapai lebih dari 300 biji per buah, meskipun terdapat pula varietas dengan biji yang lebih sedikit. Dalam pengobatan tradisional, buah mengkudu telah lama dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai obat alami, terutama untuk mengatasi hipertensi atau tekanan darah tinggi. Khasiat ini didukung oleh kandungan senyawa bioaktif dalam buah mengkudu yang memiliki efek farmakologis seperti antibakteri, antivirus, antijamur, antitumor, serta mampu meningkatkan daya tahan tubuh. Selain itu, mengkudu juga diyakini efektif dalam menurunkan kadar kolesterol dan membantu

mengendalikan tekanan darah, sehingga memiliki potensi besar sebagai terapi herbal untuk penyakit degeneratif seperti hipertensi.



Gambar 2.5 Buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) (Yuliana Sari, 2015)

2.4.1 Morfologi Buah Mengkudu (*Morinda Citrifolia* L.)

Buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) merupakan salah satu tanaman tropis yang mudah ditemukan di berbagai wilayah Indonesia dan telah lama dimanfaatkan sebagai obat tradisional. Tanaman ini umumnya tumbuh liar, terutama di daerah pesisir hingga dataran tinggi pada ketinggian mencapai 1.500 meter di atas permukaan laut, dan berbuah sepanjang tahun dengan bentuk serta ukuran buah yang bervariasi (Wulandari dkk., 2024).

Tanaman (*Morinda citrifolia* L), dikenal sebagai mengkudu, tumbuh sebagai semak atau pohon kecil yang mencapai ketinggian antara 3 hingga 10 meter, dengan batang berkayu kasar, berwarna abu-abu kecokelatan, dan cabang yang khas berbentuk segi empat. Daunnya tumbuh berhadapan (*opposite*), tunggal, dengan bentuk elips hingga *obovate*, permukaannya mengkilap, dan ukuran umumnya berada pada rentang 10-40 cm panjang dan 10-25 cm lebar. Bunga mengkudu tersusun dalam bentuk bongkol (*infloresensi* padat) yang muncul di ketiak daun bunganya berwarna putih, berduri, berlubang pendek, dan memiliki

mahkota tabung. Buahnya adalah buah majemuk (*syncarp*), berbentuk oval atau lonjong sepanjang sekitar 5-10 cm, awalnya berwarna hijau, lalu berubah kekuningan hingga putih transparan saat matang, permukaannya kasar, berkulit dan bercelah poligonal (Kusuma dkk., 2017).

2.4.2 Klasifikasi Ilmiah (*Morinda citrifolia* L).

Klasifikasi ilmiah buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L) menurut Nurhapsari (2025) adalah sebagai berikut:

- Kingdom: *Plantae*
- Divisi: *Angiospermae* (Tumbuhan berbunga)
- Kelas: *Dicotyledonae*
- Ordo: *Gentianales*
- Famili: *Rubiaceae*
- Genus: *Morinda*
- Spesies: *Morinda citrifolia* L.

2.4.3 Kandungan dan Manfaat Mengkudu

Buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) mengandung berbagai senyawa aktif yang memberikan manfaat kesehatan, antara lain tanin, saponin, alkaloid, dan flavonoid (Susiana, 2016). Senyawa-senyawa tersebut diketahui memiliki efek farmakologis dan antibakteri yang luas, seperti antioksidan, antimikroba, antiinflamasi, dan imunostimulan.

Tanin merupakan senyawa polifenolik dengan sifat astringen yang mampu mengikat protein dan mempengaruhi struktur membran bakteri sehingga menghambat perlekatan dan pertumbuhan mikroorganisme di rongga mulut. Sebagai contoh, ekstrak kulit jeruk nipis yang mengandung tanin dengan

konsentrasi 15–50 % terbukti efektif menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans*, bakteri utama penyebab karies gigi (Supriyana dkk., 2020).

Saponin merupakan senyawa bioaktif dengan struktur surfaktan alami yang terbukti memiliki aktivitas antibakteri melalui mekanisme peningkatan permeabilitas membran sel bakteri, mengganggu stabilitas dinding sel, dan menyebabkan lisis sel bakteri sehingga menghambat pertumbuhan mikroorganisme patologis dalam rongga mulut. Mekanisme ini mendapat dukungan dari penelitian tentang ekstrak daun seledri yang mengandung saponin yang menunjukkan kemampuan mengganggu tegangan permukaan dinding sel bakteri dan merusak membran sitoplasma hingga memungkinkan materi esensial keluar dari sel bakteri (Qabli dkk., 2024).

Alkaloid merupakan senyawa yang memiliki aktivitas antibakteri dalam rongga mulut. Studi farmakologi menunjukkan bahwa alkaloid dalam mengkudu berperan sebagai agen antibakteri alami yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen melalui mekanisme seperti merusak membran sel dan denaturasi protein bakteri (Suhendriyo dkk., 2023)

Flavonoid yang memiliki aktivitas antibakteri, antiinflamasi, dan antioksidan yang bermanfaat dalam menjaga kesehatan rongga mulut. Flavonoid bekerja dengan menghambat pertumbuhan bakteri melalui mekanisme merusak dinding sel dan menghambat enzim mikroba. kandungan flavonoid pada buah mengkudu dapat dimanfaatkan sebagai bahan aktif alami dalam produk perawatan mulut seperti obat kumur atau pasta gigi untuk mencegah karies dan menjaga kebersihan gigi (Juariah dkk., 2021).