

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Karies menjadi penyebab kerusakan pada jaringan keras gigi yang paling sering ditemukan (Garg dan Garg, 2017). Karies menjadi salah satu masalah kesehatan dengan prevalensi tinggi di Indonesia. Berdasarkan data Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023, sebanyak 82,8% populasi Indonesia menderita karies. Mengutip dari Sitoresmi dkk. (2024), Indonesia berada di peringkat 4 dengan kasus karies pada gigi permanen tertinggi secara internasional. Munculnya karies disebabkan oleh adanya aktivitas bakteri di dalam rongga mulut yang dapat melarutkan kandungan mineral pada permukaan gigi, mengakibatkan hilangnya jaringan keras gigi (Singh dan Sehgal, 2021). Selain karies, jaringan keras gigi dapat rusak karena trauma, seperti fraktur dan atrisi. Restorasi untuk memulihkan struktur jaringan keras gigi yang disebabkan oleh karies maupun trauma diperlukan untuk mengembalikan fungsi dan estetikanya (Garg dan Garg, 2017).

Kerusakan struktur gigi akibat karies dapat terjadi di seluruh permukaan gigi. Bagian proksimal, khususnya pada area di bawah *contact point*, menjadi area kedua yang paling rentan terhadap karies setelah pit dan fisur (Ritter dkk., 2019). GV Black mengklasifikasikan kerusakan pada sisi proksimal gigi posterior akibat karies sebagai kavitas kelas II. Meskipun bermula dari sisi proksimal, kavitas ini dapat meluas hingga oklusal dan servikal (Singh dan Sehgal, 2021). Restorasi pada area proksimal penting untuk mencegah terjadinya pergeseran gigi, perubahan

pada oklusi, trauma jaringan periodontal, serta peningkatan risiko impaksi makanan yang memperparah karies (Garg dan Garg, 2011). Berdasarkan data penelitian Tasleem dan Anjaneyulu (2022), karies pada kavitas kelas II memiliki angka insidensi sebesar 45,7% dengan penderita terbanyak berasal dari usia 16-30 tahun. Angka tersebut memang tidak sebanyak karies pada kavitas kelas I yang memiliki insidensi lebih tinggi (54,2%), tetapi kompleksitas dalam merestorasi kavitas ini memerlukan perhatian lebih untuk menghasilkan perbaikan yang baik (Tasleem dan Anjaneyulu, 2022; Țuculină dkk., 2023).

Masalah yang kerap dihadapi dalam restorasi kavitas kelas II adalah kerentanan terhadap fraktur. Kerusakan pada kavitas kelas II dapat meluas hingga mengurangi *marginal rigde* dan meningkatkan risiko fraktur akibat tekanan oklusal (Țuculină dkk., 2023). Selain *marginal ridge*, keberadaan isthmus pada preparasi kavitas kelas II juga berkontribusi terhadap risiko fraktur (Chowdhury dkk., 2018). Masalah lain yang dihadapi pada kavitas kelas II adalah komponen dentin yang terekspos pada dinding kavitas. (Poggio dkk., 2013). Adhesi yang tidak maksimal antara dentin dan material restorasi menjadi salah satu faktor terciptanya kebocoran mikro dan berujung pada kegagalan restorasi (Poggio dkk., 2013; Sari dkk., 2025). *C-factor* turut menjadi fokus pada restorasi kelas II karena akan memengaruhi adaptasi material restorasi, properti mekanik, dan daya tahan material restorasi pada kavitas kelas II (Bahillo dkk., 2014; Shen dkk., 2022). Selain itu, *degree of conversion* atau derajat konversi pada material restorasi juga berhubungan dengan properti mekanik dari material yang digunakan untuk merestorasi kavitas kelas II (Galvao dkk., 2013). Penggunaan matriks sangat direkomendasikan dalam restorasi

kelas II sebab pemulihan permukaan proksimal memegang nilai krusial dalam keberhasilan restorasi. Penggunaan matriks harus tepat agar dapat mengembalikan kontak interproksimal gigi dan mencegah gigi di sebelahnya mengalami kerusakan saat proses restorasi (Ritter dkk., 2019).

Restorasi menggunakan resin komposit masih menjadi hal yang umum dilakukan pada restorasi kavitas kelas II, terlebih jika pasien mengutamakan aspek estetik (Scheid dan Weiss, 2012). Material ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan restorasi sewarna gigi melalui kandungan pigmen di dalamnya (Shen dkk., 2022). Resin komposit dikembangkan sebagai pengganti amalgam dengan kelebihan berupa sifat yang lebih biokompatibel, tidak menghantarkan arus listrik, desain preparasi yang konservatif, dapat berikatan dengan struktur gigi, dan konduktivitas termalnya rendah (Yadav dkk., 2019).

Terlepas dari berbagai kelebihanannya, resin komposit memiliki kelemahan yang krusial terhadap ketahanan restorasi, yakni penyusutan akibat polimerisasi. Penyusutan ini terjadi akibat kontraksi volumetrik saat monomer pada matriks membentuk rantai polimer (Shen dkk., 2022). Penyusutan dapat menimbulkan tegangan yang menciptakan celah antara gigi dan material restorasi. Celah tersebut berisiko menimbulkan kebocoran mikro, pewarnaan material restorasi, hingga karies sekunder (Shen dkk., 2022). Selain itu, tegangan akibat penyusutan polimerisasi juga menghasilkan gaya tarik dan kontraksi yang dapat melemahkan ketahanan gigi terhadap fraktur (Yadav dkk., 2019). Resin komposit juga memiliki koefisien ekspansi termal yang bernilai 3 kali lebih tinggi dibandingkan koefisien ekspansi termal gigi. Perbedaan ini menandakan bahwa ketika terjadi perubahan

suhu, restorasi resin komposit akan mengalami kontraksi dan ekspansi lebih banyak dibanding struktur gigi. Ikatan antara restorasi dan gigi dapat melemah karena hal tersebut (Garg and Garg, 2017). Sehubungan dengan berbagai kelemahan yang telah disebutkan, penggunaan material resin komposit untuk restorasi kelas II memiliki tingkat kegagalan sebesar 1%-3% dengan penyebab terbanyak adalah fraktur restorasi dan adaptasi tepi yang buruk (Opdam dkk., 2014; Santos dkk., 2023)

Untuk mengatasi kekurangan yang dimiliki material resin komposit, telah dilakukan berbagai modifikasi salah satunya dengan menambahkan fiber sebagai bahan pengisi komposit, disebut *fiber-reinforced composite* (FRC). Material ini kerap dipilih untuk merestorasi gigi yang kehilangan banyak jaringan keras karena memiliki daya tahan yang tinggi terhadap fraktur dan mengurangi risiko kebocoran mikro lebih baik dibandingkan komposit konvensional (Mangoush dkk., 2021). Komponen fiber pada FRC memperkuat restorasi dengan menyerap dan menyebarkan tekanan serta meningkatkan kekuatan fleksural dengan pendekatan restorasi biomimetik (Albar dan Khayat, 2022). Kontraksi volumetrik yang menghasilkan penyusutan polimerisasi pada FRC rendah karena pemangkasan matriks organik serta kapasitas FRC dalam menyamakan modulus elastisitas dan koefisien ekspansi termal hampir sama dengan gigi (Goteti dkk., 2024).

FRC memiliki banyak jenis fiber pengisi, di antaranya adalah *glass fiber*. Variasi FRC yang dikenal menggunakan *glass fiber* adalah SFRC atau *short fiber-reinforced composite*. SFRC banyak digunakan sebagai basis tumpatan pada area yang menerima beban oklusal tinggi karena dapat meniru daya serap dentin

terhadap tekanan (Mangoush dkk., 2021). Bahan pengisi pada SFRC, yaitu *glass fiber* berukuran pendek dan tersebar secara acak di dalam matriks, berperan pada penguatan restorasi dan menghambat perambatan retak (Mangoush dkk., 2021). SFRC juga memiliki keunggulan pada adaptasi marginal yang lebih baik serta rendahnya penyusutan polimerisasi, menurunkan risiko kebocoran mikro (Garoushi dkk., 2008).

Penambahan fiber pada material FRC bertujuan untuk meningkatkan kekuatan kohesi, yang dipengaruhi oleh parameter mikrostruktur seperti ukuran, distribusi, dan adhesi fiber dalam matriks. Kondisi fiber di dalam matriks juga berpengaruh pada kekuatan terhadap fraktur, kekuatan fleksural, dan modulus elastisitas material (Sabbagh dan McConnell, 2023; Pierce dkk., 2025). Adhesi fiber di dalam matriks yang diperankan oleh *silane coupling agent* turut memengaruhi daya tahan material terhadap tekanan. Adhesi yang baik akan mendukung penyebaran tekanan yang merata dan restorasi akan lebih tahan lama (Vallittu dan Özcan, 2017; Kurshid dkk., 2019). Namun, material FRC terpapar berbagai substansi di rongga mulut yang dapat menyebabkan degradasi dan penurunan kualitas material secara berkala, seperti perubahan warna, keausan permukaan, hingga penurunan daya tahan material. Degradasi ini dapat dipengaruhi oleh enzim, ion, bakteri, cairan, hingga suhu (Zhou dkk., 2018; Sarmiento dkk., 2021). Degradasi material akibat cairan atau degradasi hidrolitik berdampak buruk pada ketahanan material FRC. Cairan dapat melemahkan adhesi fiber dan matriks, mengurangi kekuatannya, serta secara perlahan merusak material (Fani dkk., 2015; Zhou dkk., 2018; Kurshid dkk., 2019).

Kerusakan jaringan keras gigi dapat terjadi karena berbagai sebab dengan karies menjadi penyebab utamanya. Kavitas kelas II adalah salah satu kavitas yang terbentuk oleh karies dan menuntut restorasi yang tepat untuk memulihkan fungsi pengunyahan dan struktur gigi yang optimal untuk waktu yang lama. Resin komposit masih menjadi opsi utama karena estetik dan biokompatibel, tetapi besarnya penyusutan polimerisasi berdampak buruk pada keberhasilan jangka panjang. *Fiber-reinforced composite*, terutama *short-fiber reinforced composite*, dikembangkan untuk mengatasi kekurangan tersebut serta meningkatkan kekuatan. Walaupun begitu, penuaan material akibat paparan substansi rongga, seperti cairan rongga mulut dan fluktuasi suhu saat pemakaian akan mengurangi ketahanan material secara berkala. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini akan meneliti pengaruh penuaan terhadap tipe kegagalan yang terjadi pada restorasi resin komposit yang diperkuat fiber pada kavitas kelas II.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dituliskan, maka dapat dirumuskan permasalahan, yaitu bagaimana pengaruh penuaan terhadap tipe kegagalan restorasi resin komposit dengan penguat fiber pada kavitas kelas II.

C. Keaslian Penelitian

Tabel 1. Keaslian penelitian

Peneliti	Judul Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
Pierce, A. L., Kosaraju, A., Gedge, J. L., dan Vandewalle, K. S. (2025)	Fracture Resistance and Failure Modes of Cuspal- coverage Restorations Using Fiber-	Variabel Bebas: Jenis material restorasi (mengandu ng fiber	Material komposit nanofil yang diperkuat dengan fiber memiliki ketahanan	Penelitian yang akan dilakukan mengevaluasi tipe kegagalan restorasi

	reinforced and Non-fiber-reinforced Materials: An In Vitro Study	penguat dan tidak mengandung fiber (penguat) Variabel Terikat: Ketahanan fraktur dan <i>failure mode</i> (<i>cohesive</i> , <i>adhesive</i> , dan <i>mixed</i>)	fraktur paling tinggi dengan mayoritas <i>failure mode</i> adalah <i>adhesive failure</i> yang dapat direstorasi.	kelas II yang menggunakan material resin komposit dengan penguat fiber setelah diberi perlakuan <i>thermocycling</i> .
Salama, R. M., Hamama, H. H., dan Mahmoud, S. H. (2025).	Fracture Resistance of Maxillary Premolars With Class II MOD Cavities Restored With Direct and Indirect Resin Composite Restorative Systems	Variabel Bebas: Jenis teknik restorasi Variabel Terikat: Ketahanan fraktur dan <i>failure mode</i> .	Kelompok restorasi resin komposit dengan basis SFRC memiliki ketahanan fraktur tidak berbeda signifikan dengan kelompok dengan restorasi komposit direk di laboratorium. <i>Cohesive failure</i> paling banyak terlihat pada kelompok restorasi komposit tanpa basis SFRC, sedangkan kelompok lain didominasi <i>adhesive failure</i> .	Penelitian berfokus pada tipe kegagalan sejak awal dan hanya menggunakan satu tipe resin komposit dengan penguat fiber pada restorasi kavitas kelas II di sisi mesial.
Mohammadi pour, H.S., Farajzadeh,	Fracture Resistance of Fiber-	Variabel Bebas: Jenis	Kelompok dengan <i>short fiber-</i>	Penelitian mengevaluasi tipe

M., Toutouni, H., Gazerani, A., dan Sekandari, S., (2025)	Reinforced vs. Conventional Resin Composite Restorations in Structurally Compromised Molars: An In Vitro Study	komposit (<i>convention al resin composite, Short fiber- reinforced composite, polyethylen e fibers</i>) dan teknik restorasi (restorasi dengan penutupan cusp dan tanpa penutupan cusp) Variabel Terikat: Ketahanan fraktur restorasi dan tipe fraktur	<i>reinforced composite</i> memiliki ketahanan terhadap fraktur tertinggi dan tipe fraktur <i>favorable</i> terbanyak selain kelompok kontrol yang merupakan gigi utuh. Restorasi komposit dengan penguat fiber, baik <i>short fiber</i> maupun <i>polyethylene</i> , meningkatkan ketahanan fraktur dibandingkan restorasi resin komposit saja.	kegagalan restorasi kelas II M-O setelah diberi perlakuan <i>thermocyclin g</i> dan tidak membanding kan material <i>fiber- reinforced</i> terhadap material restoratif lainnya.
--	--	--	--	--

Penelitian-penelitian sebelumnya mengevaluasi ketahanan fraktur dan variasi tipe kegagalan restorasi resin komposit yang diperkuat fiber, baik melalui perbandingan dengan komposit konvensional, perbedaan teknik restorasi, modifikasi jenis materialnya, maupun pemilihan kavitas yang masif. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum secara spesifik mengevaluasi pola kegagalan restorasi pada kavitas kelas II mesial dengan penggunaan satu jenis *short fiber-reinforced composite*, terutama setelah proses penunaan yang disimulasikan *thermocycling*.

Dengan demikian, keaslian penelitian ini terletak pada fokusnya yang spesifik, yaitu mengevaluasi pengaruh penuaan terhadap tipe kegagalan restorasi resin komposit yang diperkuat fiber pada kavitas kelas II mesial, tanpa membandingkan dengan material restoratif lain ataupun variasi teknik preparasi yang digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk mengetahui bagaimana penuaan berpengaruh terhadap tipe kegagalan restorasi resin komposit yang diperkuat fiber pada kavitas kelas II.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberi informasi mengenai pengaruh penuaan terhadap tipe kegagalan yang terjadi pada restorasi resin komposit yang diperkuat fiber pada kavitas kelas II
2. Menjadi pertimbangan dalam mengkaji batas kekuatan material sehubungan dengan mekanisme tipe kegagalan yang timbul.
3. Sebagai informasi tambahan pada pengembangan material restorasi di masa depan.
4. Sebagai informasi tambahan bagi klinisi dalam memilih material restorasi yang sesuai dengan indikasi klinis.