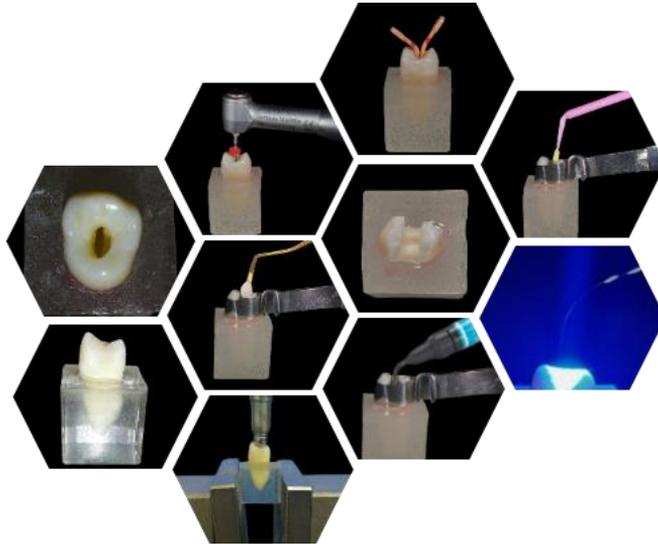


**EVALUASI KETAHANAN FRAKTUR PADA GIGI PASCA PERAWATAN
ENDODONTIK YANG DIRESTORASI DENGAN RESIN KOMPOSIT
*BULK-FILL (IN-VITRO)***

***EVALUATION OF FRACTURE RESISTANCE IN ENDODONTICALLY
TREATED TEETH RESTORED WITH BULK-FILL COMPOSITE RESIN
(IN-VITRO)***



**SULASTRI
J025211006**



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER GIGI SPESIALIS
PROGRAM STUDI KONSERVASI GIGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**EVALUASI KETAHANAN FRAKTUR PADA GIGI PASCA PERAWATAN
ENDODONTIK YANG DIRESTORASI DENGAN RESIN KOMPOSIT
*BULK-FILL (IN-VITRO)***

**SULASTRI
J025211006**



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER GIGI SPESIALIS
PROGRAM STUDI KONSERVASI GIGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**EVALUASI KETAHANAN FRAKTUR PADA GIGI PASCA PERAWATAN
ENDODONTIK YANG DIRESTORASI DENGAN RESIN KOMPOSIT
*BULK-FILL (IN-VITRO)***

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar spesialis
Program Studi Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi
disusun dan diajukan oleh

SULASTRI

J025211006

kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER GIGI SPESIALIS
PROGRAM STUDI KONSERVASI GIGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

**EVALUASI KETAHANAN FRAKTUR PADA GIGI PASCA PERAWATAN
ENDODONTIK YANG DIRESTORASI DENGAN RESIN KOMPOSIT
BULK-FILL (IN-VITRO)**

SULASTRI

J025211006

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Seminar Hasil PPDGS
Konservasi Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin
pada tanggal 3 Juni 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi
Departemen Konservasi Gigi
Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,




drg. Nurhayaty Natsir, Ph.D, Sp.KG, Subsp. KR(K)
NIP. 19640518 199103 2 001

drg. Noor Hikmah, M.KG, Sp. KG, Subsp KE(K)
NIP. 19830917 202204 4 001

Ketua Program Studi
PPDGS Konservasi Gigi

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Hasanuddin,



drg. Nurhayaty Natsir, Ph.D, Sp.KG, Subsp. KR(K)
NIP. 19640518 199103 2 001

drg. Irfan Sugianto, M. Med. Ed., Ph.D.
NIP. 19810215 200801 1 009

**PERNYATAAN KEASLIAN TESIS
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "**Evaluasi Ketahanan Fraktur pada Gigi Pasca Perawatan Endodontik yang Direstorasi dengan Resin Komposit *Bulk-fill (In-Vitro)***" adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing (**drg. Nurhayaty Natsir, Ph. D, Sp. KG, Subsp. KR(K)** sebagai Pembimbing Utama dan **drg. Noor Hikmah, M.KG., Sp.KG, Subsp. KE(K)** sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 29 Juni 2024



Sulastri
J025211006

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala karena hanya dengan limpahan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini dengan judul "Evaluasi Ketahanan Fraktur pada Gigi Pasca Perawatan Endodontik yang Direstorasi dengan Resin Komposit *Bulk-fill (In-Vitro)*".

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. **drg. Irfan Sugianto, M.Med.Ed, Ph.D** sebagai Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin beserta seluruh pimpinan fakultas atas kesempatan yang diberikan untuk mengikuti Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi Universitas Hasanuddin Makassar.
2. **drg. Nurhayaty Natsir, Ph. D, Sp. KG, Subsp. KR (K)** sebagai pembimbing I sekaligus Ketua Program Studi Konservasi Gigi yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga untuk membimbing, memberi nasehat, pengertian dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian dan menyusun tesis ini. Terima kasih pula untuk segala ilmu yang telah diberikan kepada penulis, selama penulis menjalani pendidikan.
3. **drg. Noor Hikmah, M.KG., Sp. KG, Subsp. KE (K)** sebagai pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam memberikan bimbingan, masukan, dan saran untuk menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih pula untuk segala ilmu yang telah diberikan kepada penulis, selama penulis menjalani pendidikan.
4. **Prof. Dr. drg. Rasmidar Samad, M.S., FISDPH.FISPD** sebagai penguji eksternal yang telah bersedia memberikan bimbingan, masukan, dan saran terhadap hasil penelitian ini.
5. **Dr. drg. Hafsa Katu, M. Kes** sebagai penguji yang telah bersedia memberikan bimbingan, masukan, dan saran terhadap hasil penelitian ini.
6. **drg. Wahyuni Suci Dwiandhany, Ph.D, Sp.KG, Subsp KR (K)** sebagai penguji yang telah bersedia memberikan bimbingan, masukan, dan saran terhadap hasil penelitian ini. Terima kasih pula untuk segala ilmu yang telah diberikan kepada penulis, selama penulis menjalani pendidikan.
7. **Dr. drg. Juni Jekti Nugroho, Sp. KG, Subsp. KE (K), Dr. drg. Aries Chandra Trilaksana, Sp. KG, Subsp. KE (K), drg. Christine Anastasia Rovani, Sp.KG, Subsp. KR (K), drg. Afniati Rachmuddin, Sp.KG, Dr. drg. Maria Tanumihardja, M.DSC, Dr. drg. Hafsa Katu, M. Kes, dan Prof. Dr. drg. Ardo Sabir, M.Kes** sebagai dosen yang juga telah memberikan ilmu, bimbingan, dan masukan selama penulis menjalani pendidikan.

8. Seluruh staf Laboratorium Konservasi Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin, yang telah membantu dalam proses pembuatan sampel penelitian.
9. Seluruh staf Laboratorium Konservasi Gigi Metalurgi Fisik Fakultas Teknik Mesin Universitas Hasanuddin, yang telah membantu dalam proses pengujian resistensi fraktur sampel penelitian.
10. Sahabat rasa saudara, teman-teman angkatan 13 (2021.1) yaitu Dwi Puji Lestari, A. Ghina Zakiyah NZ, Rosida Indriyatmi, Theresia PL. Hurint, Irfan Fauzy Yamin, dan Jade Maruti Lolong, yang telah kebersamai saya selama 3 tahun menjalani dunia keresidenan. Terima kasih untuk kebersamaannya, kekompakannya, segala bantuannya, segala pemaklumannya, dan segala kenangan yang sudah diukir bersama.
11. Residen konservasi gigi angkatan 10 (2019), angkatan 11 (2020.1), angkatan 12 (2020.2), angkatan 14 (2021.2), angkatan 15 (2022.1), angkatan 16 (2022.2), angkatan 17 (2023.1), dan angkatan 18 (2023.2). Terima kasih untuk pelajaran berharga, kebersamaan, kekompakan, dan kerja samanya.
12. Terkhusus kepada:
 - a. Ayahanda dan ibunda tercinta, **H. Ridwan Toro, SE** dan **Hj. drg. Sumiati Sanusi**, saudara saya **Rini Astuti Ridwan, S.Physio**, serta seluruh **keluarga besar H. Sanusi** yang telah memberikan dukungan doa, moril, dan materil selama penulis menjalani proses pendidikan;
 - b. Ayahanda dan ibunda mertua **Drs. H. Bakri B.** dan **Dra. Hj. Nurdiani A.** yang telah memberikan dukungan doa dan moril selama penulis menjalani proses pendidikan;
 - c. Suami tercinta, **Muhammad Maknun Zhaahir B, S.Si**, yang telah memberi dukungan doa, moril, dan materil selama penulis menjalani proses pendidikan. Terima kasih untuk kesabarannya dalam kebersamai penulis;
 - d. Anak-anakku tersayang, **Abdullah** dan **Thufail**, atas segala kesabarannya kebersamai penulis dalam menyelesaikan pendidikan.

Akhir kata, dengan penuh kesadaran dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan tesis ini yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu dan semoga Allah Subhanahu Wata'ala selalu melimpahkan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya kepada kita semua dan berkenan menjadikan tesis ini bermanfaat.

Makassar, 28 Juni 2024



Sulastri

ABSTRAK

SULASTRI. **Evaluasi Ketahanan Fraktur Pada Gigi Pasca Perawatan Endodontik yang Direstorasi dengan Resin Komposit *Bulk-fill* (In-Vitro)** (dibimbing oleh Nurhayaty Natsir dan Noor Hikmah).

Latar Belakang: Gigi pasca perawatan endodontik dengan kavitas yang luas akan meningkatkan risiko terjadinya fraktur. Resin komposit *bulk-fill* semakin dikembangkan untuk digunakan pada kasus tersebut karena dapat diaplikasikan hingga ketebalan 4-5 mm. **Tujuan:** Menilai ketahanan fraktur pada gigi pasca perawatan endodontik yang direstorasi dengan resin komposit *bulk-fill*. **Metode:** 32 gigi premolar satu maksila yang memenuhi kriteria penelitian dibagi menjadi enam kelompok yaitu: kelompok kontrol negatif (KN), kontrol positif (KP), resin komposit *bulk-fill* viskositas rendah (TNFB), resin komposit *bulk-fill* viskositas tinggi (TNB), resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced* viskositas rendah (EXF), dan resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced* viskositas tinggi (EXP). Seluruh sampel pada kelompok KP, TNFB, TNB, EXF, dan EXP diberikan perawatan endodontik dan dipreparasi dengan kavitas Mesio-Oklusal-Distal (MOD). Seluruh sampel pada kelompok TNFB direstorasi menggunakan resin komposit Tetric N-Flow *Bulk-fill*; kelompok TNB menggunakan Tetric N-Ceram *Bulk-fill*; kelompok EXF direstorasi menggunakan EverX Flow; kelompok EXP direstorasi menggunakan EverX Posterior. Uji ketahanan fraktur dilakukan pada seluruh sampel dan dilanjutkan dengan analisis uji ANOVA dan *Post-Hoc* LSD. **Hasil:** Hasil uji ANOVA menunjukkan terdapat perbedaan signifikan pada rerata nilai ketahanan fraktur antar seluruh kelompok penelitian dengan nilai $p < 0.05$. Hasil uji lanjut LSD menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada hasil akhir uji statistik perbandingan nilai ketahanan fraktur antara kelompok EXF dan EXP dengan nilai $p > 0.05$. **Kesimpulan:** resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced* memiliki nilai ketahanan fraktur yang lebih tinggi dibandingkan dengan resin komposit *bulk-fill* lainnya. Oleh karena itu, bahan tersebut dapat direkomendasikan sebagai bahan restorasi pada gigi pasca perawatan endodontik dengan kavitas yang luas.

Kata Kunci: Ketahanan fraktur, gigi pasca perawatan endodontik, resin komposit *bulk-fill*, resin komposit *fiber-reinforced*

ABSTRACT

SULASTRI. Evaluation of Fracture Resistance in Endodontically Treated Teeth Restored with Bulk-fill Composite Resin (In-Vitro) (supervised by Nurhayaty Natsir and Noor Hikmah).

Background: Endodontically treated teeth with extensive cavities will increase the fracture risk. Bulk-fill composite resins are increasingly being developed in such cases as they can be applied up to 4-5 mm thickness. **Objective:** To assess fracture resistance in endodontically treated teeth restored with bulk-fill composite resin. **Methods:** 32 maxillary first premolars were selected and divided into six groups: negative control (KN), positive control (KP), low viscosity bulk-fill composite resin (TNFB), high viscosity bulk-fill composite resin (TNB), low viscosity bulk-fill fiber-reinforced composite resin (EXF), and high viscosity bulk-fill fiber-reinforced composite resin (EXP). All samples except KN groups were treated endodontically and prepared with Mesio-Occlusal-Distal (MOD) cavities. All samples in the TNFB group were restored using Tetric N-Flow Bulk-fill composite resin; the TNB group using Tetric N-Ceram Bulk-fill; the EXF group was restored using EverX Flow; EXP group was restored using EverX Posterior. Fracture resistance tests were performed on all samples, followed by ANOVA and Post-Hoc LSD analyses. **Results:** The results of the ANOVA test showed significant differences in the mean fracture resistance values between all study groups with a value of $p < 0.05$. The results of the LSD further test showed no significant difference between the EXF and EXP groups with a value of $p > 0.05$. **Conclusion:** Fiber-reinforced bulk-fill composite resins have higher fracture resistance values than other bulk-fill composite resins. Therefore, it can be recommended as a restoration material in endodontically treated teeth with extensive cavities.

Keywords: Fracture resistance, endodontically treated teeth, bulk-fill composite resin, fiber-reinforced composite resin

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	ix
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR SINGKATAN.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Teori	2
1.3 Perumusan Masalah.....	12
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	12
1.5 Hipotesis Penelitian	12
BAB II METODE PENELITIAN.....	13
2.1 Tempat dan Waktu	13
2.2 Bahan dan Alat	13
2.3 Metode Penelitian	14
2.4 Pelaksanaan Penelitian	17
2.5 Parameter Pengamatan.....	19
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	23
3.1 Hasil.....	23
3.2 Pembahasan.....	25
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	29
4.1 Kesimpulan	29
4.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	35

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
Tabel 2.1 Bahan restorasi, adhesif, dan unit <i>light curing</i> pada penelitian.....	20
Tabel 3.1 Nilai Rerata Ketahanan Fraktur Antar Kelompok	23
Tabel 3.2 Perbedaan rerata nilai ketahanan fraktur antar kelompok	24

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
Gambar 1.1 Gambaran SEM persentase <i>filler</i> permukaan resin komposit <i>fiber-reinforced</i>	6
Gambar 1.2 Gambaran SEM diameter <i>filler</i> permukaan resin komposit <i>fiber-reinforced</i>	6
Gambar 1.3 Klasifikasi resin komposit <i>bulk-fill</i> berdasarkan teknik aplikasinya	8
Gambar 1.4 Ilustrasi teknik <i>bulk</i> pada berbagai resin komposit <i>bulk-fill</i>	8
Gambar 1.5 Gambar uji ketahanan fraktur dengan UTM	8
Gambar 3.1 Diagram nilai ketahanan fraktur tiap kelompok penelitian	24

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut	Halaman
1 Surat Izin Penelitian	37
2 Surat Rekomendasi Persetujuan Komite Etik Penelitian	38
3 Surat Keterangan Pengambilan Data.....	39
4 Hasil Uji Resistensi Fraktur Gigi.....	40
5 Hasil Analisis Uji Statistik Menggunakan SPSS 26 <i>For Windows</i>	46
6 Dokumentasi Penelitian.....	48
7 Riwayat Hidup Penulis	52

DAFTAR SINGKATAN

Lambang/ singkatan	Arti dan penjelasan
4-META	<i>4-methacryloxyethyl trimellitate anhydride</i>
10-MDP	<i>Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate</i>
µm	Mikro-meter
ANOVA	Analysis of variance
Bis-EMA	<i>Bisphenol A diglycidyl methacrylate ethoxylated</i>
Bis-GMA	<i>Bisphenol A Glycidyl Methacrylate</i>
BPDM	<i>Biphenyl dimethacrylate</i>
CEJ	<i>Cementoenamel Junction</i>
D3MA	<i>Decanediol dimethacrylate</i>
EDTA	<i>Ethylene Diamin Tetraacetic Acid</i>
<i>et al</i>	dan lainnya
EXF	EverX Flow
EXP	EverX Posterior
Ge	Germanium
HEMA	<i>2-hydroxyethyl methacrylate</i>
KN	Kontrol Negatif
KP	Kontrol Positif
LSD	Least Signifinance Different
ml	mililiter
mm	milimeter
MOD	Mesio-Oklusal-Distal
nm	Nano-meter
N	Newton
NaCl	Natrium Klorida
NaOCl	Natrium Hipoklorit
PMMA	<i>Polymethyl Methacrylate</i>
SE	<i>Self-etch</i>
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
TEGDMA	<i>Triethylene Glycol Dimethacrylate</i>
TNB	Tetric N-Ceram Bulk-fill
TNFB	Tetric N-Flow Bulk-fill
UDMA	<i>Urethan dimetacrylate</i>
UTM	<i>Universal Texting Machine</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Trauma, karies, preparasi kavitas yang luas, dan perawatan endodontik adalah penyebab utama dari hilangnya struktur gigi (Atalay *et al.*, 2016). Hal tersebut akan menyebabkan hilangnya struktur anatomis maupun kandungan mineral gigi sehingga meningkatkan risiko fraktur (Bassir *et al.*, 2013; Belli *et al.*, 2015; Gamal *et al.*, 2022). Kemampuan gigi untuk menahan beban oklusal sangat berhubungan dengan jumlah struktur gigi yang tersisa (Farahanny *et al.*, 2017; Kalburge 2013). Preparasi kavitas ke arah oklusal mengurangi kekakuan gigi sebesar 14-44% dan ke arah mesio-okluso-distal (MOD) sebesar 20-63%, sedangkan prosedur endodontik mengurangi kekakuan gigi sebesar 5% (Bahari *et al.*, 2019). Keberhasilan perawatan endodontik jangka panjang ditentukan oleh perawatan endodontik dan restorasi yang adekuat. Oleh karena itu, pemilihan bahan dan jenis restorasi yang tepat menjadi hal yang penting. Terdapat beberapa pilihan restorasi baik direk maupun tidak langsung yang dapat diberikan sesuai dengan indikasinya, seperti restorasi direk menggunakan resin komposit, serta restorasi tidak langsung *onlay*, *inlay*, dan mahkota (Kumar *et al.*, 2018).

Restorasi gigi yang baik tidak hanya dapat mengembalikan bentuk, fungsi, dan estetika, tetapi juga dapat mencegah kebocoran marginal dan fraktur gigi. Restorasi tidak langsung dianggap sebagai perawatan standar untuk melindungi gigi dari kerentanan fraktur pada gigi pasca perawatan endodontik (Farahanny *et al.*, 2017). Namun, teknik ini memiliki beberapa kelemahan seperti kunjungan berulang, kehilangan struktur gigi yang banyak dan biaya yang tinggi (Cilingir *et al.*, 2019; Atalay *et al.*, 2016).

Perkembangan teknologi di bidang restorasi gigi membuat perawatan restoratif minimal invasif semakin diminati. Konsep perawatan minimal invasif diterapkan untuk mempertahankan jaringan gigi sehat sebanyak mungkin dimana resin komposit menjadi bahan restorasi pilihan dalam perawatan restoratif (Mannocci *et al.*, 2014). Namun, hal ini masih menjadi sebuah dilema dikarenakan gigi posterior menerima gaya oklusal yang jauh lebih besar. Dari permasalahan tersebut, bahan restorasi komposit dan sistem adhesif semakin dikembangkan agar resin komposit direk dapat menjadi pilihan sebagai bahan restorasi gigi posterior yang telah dirawat endodontik.

Resin komposit konvensional mempunyai sifat estetika, sifat fisik, dan sifat mekanis yang baik, namun polimerisasi *shrinkage* masih menjadi kelemahan utama (Mansouri *et al.*, 2018; Jafarpour *et al.*, 2022). Teknik inkremental digunakan untuk meminimalkan polimerisasi *shrinkage* dari resin komposit konvensional dengan aplikasi lapis demi lapis dengan ketebalan 2 mm. Teknik inkremental membutuhkan waktu lama dan keterampilan khusus. Oleh karena itu, dikembangkan suatu bahan restorasi resin komposit *bulk-fill* yang dapat diaplikasikan hingga ketebalan 4-5 mm (Kaisarly *et al.*, 2021; Atalay *et al.*, 2016). Resin komposit *bulk-fill* dibuat dengan

meningkatkan kedalaman *curing* melalui modifikasi *filler*, modifikasi monomer, dan penggunaan *photo-inisiator* alternatif baru. Hal tersebut memungkinkan prosedur restorasi gigi menjadi lebih singkat, meminimalkan polimerisasi *shrinkage*, dan mendapatkan hasil restorasi gigi yang adekuat (Sabbagh *et al.*, 2023).

Resin komposit *bulk-fill* tersedia dalam viskositas rendah dan tinggi. Viskositas dari resin komposit *bulk-fill* berhubungan dengan kandungan monomer dan partikel *filler*-nya yang akan berdampak pada sifat mekaniknya (Gatica *et al.*, 2023; Natsir, *et al.*, 2022; Gupta R, *et al.*, 2018; Miletic *et al.*, 2017). Untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik dari resin komposit *bulk-fill*, dikembangkan resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced* (Gupta *et al.*, 2017).

Resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced* merupakan resin komposit *bulk-fill* yang mengandung *short E-glass fiber* yang berfungsi meningkatkan sifat mekanik dari sebuah restorasi pada gigi dengan kavitas dalam khususnya yang telah dilakukan perawatan endodontik. Resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced* tersedia dalam berbagai viskositas. Viskositas dari resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced* selain berhubungan dengan monomer dan partikel *filler*-nya, juga berhubungan dengan kandungan *fibernya* baik ukuran *fiber* maupun jumlahnya (Garoushi *et al.*, 2023; Sabbagh *et al.*, 2023). Berdasarkan hal tersebut, peneliti tertarik untuk mengevaluasi ketahanan fraktur gigi pasca perawatan endodontik yang direstorasi dengan resin komposit *bulk-fill* dan resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced* dengan viskositas berbeda.

1.2 Teori

1.2.1 Resin Komposit *Bulk-fill*

Pada tahun 2010, resin komposit *bulk-fill* diperkenalkan sebagai resin komposit jenis baru yang dirancang untuk menyederhanakan pengaplikasian klinis dengan memungkinkan *curing* hingga kedalaman 4-5 mm dibandingkan dengan resin komposit konvensional (maksimum 2 mm) (Chesterman *et al.*, 2017; Shafiei, 2021; Sabbagh *et al.*, 2023).

Berbagai modifikasi telah diperkenalkan pada bahan ini untuk mengatasi kelemahan komposit konvensional dan untuk memungkinkan pengaplikasian secara *bulk* hingga kedalaman 4mm yaitu: modifikasi *filler*, menggabungkan monomer dengan berat molekul tinggi, dan *photo-inisiator* alternatif baru. Beberapa bahan resin komposit *bulk-fill* yang tersedia saat ini dibuat dengan meningkatkan ukuran *filler* atau mengurangi kandungan *filler* untuk meminimalkan hamburan cahaya, sehingga meningkatkan transmisi cahaya. Selain itu, dilakukan juga modifikasi pada monomer dan *photo-inisiator* baru yang menargetkan peningkatan sifat optik, mengurangi polimerisasi *shrinkage*, dan meningkatkan kedalaman *curing*. Tidak ada komposisi umum untuk semua jenis resin komposit *bulk-fill* karena komposisi setiap produk bergantung pada produsennya. (Singh, 2019; Sabbagh *et al.*, 2023).

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, beberapa modifikasi telah dilakukan pada formulasi resin komposit *bulk-fill*, khususnya yang berkaitan dengan

translusensi, penggunaan modulator polimerisasi dan *photo-initiator* khusus. Sebagai contoh, Surefil SDR flow (DENTSPLY/Caulk) mengandung monomer khusus yaitu UDMA (*urethan dimetacrylat*). Produsen mengklaim bahwa ia memiliki teknologi resin yang dapat menurunkan *stress* yang menjadi asal muasal namanya. Hal ini memberikan fleksibilitas molekul yang tinggi, sehingga terhindar dari *stress* polimerisasi selama *curing*. Filtek *Bulk-fill Flowable* (3M ESPE) didasarkan pada kombinasi empat monomer yang berbeda: Bis-GMA, UDMA, *Procrylat*, dan Bis-EMA. Monomer berbasis UDMA memiliki berat molekul tinggi yaitu 849 g/mol, sehingga mengurangi polimerisasi *shrinkage*. Monomer ini dimodifikasi untuk memasukkan gugus foto-aktif yang oleh produsen disebut sebagai "modulator polimerisasi". Polimerisasi *shrinkage* berkurang ketika bahan terpapar cahaya, dan gugus fotoaktif diputus. Secara bersamaan rantai oligomer putus, sambil menghasilkan radikal yang dapat mendorong lebih banyak konversi dan pengikatan silang bahan yang mempertahankan laju polimerisasi atau tingkat konversi. Selain itu, monomer *Procrylat* bertanggung jawab atas fluiditas yang lebih besar sehingga mengurangi tekanan polimerisasi (Sabbagh *et al.*, 2023).

Matriks resin telah dimodifikasi dengan bahan *filler* yang terdiri dari partikel silika dan zirkonia yang tidak teraglomerasi yang memiliki partikel nanohibrida dengan beban *filler* hingga 77% berat yang terkandung dalam bahan resin komposit *bulk-fill*. Bahan resin komposit *bulk-fill* dengan viskositas rendah (*flowable*) umumnya memiliki kandungan *filler* yang lebih rendah daripada bahan dengan viskositas tinggi (*sculptable*) (Sabbagh *et al.*, 2023). Persentase *filler* dalam komposit *bulk-fill* adalah 66-70% volume dan lebih rendah dari komposit *micro-hybrid* dan *nano-hybrid* konvensional. Namun, komposit ini memiliki persentase volume yang sebanding dengan resin komposit *flowable* konvensional tetapi memiliki persentase berat yang lebih tinggi. Hal ini dapat dijelaskan dengan ukuran *filler* yang besar (20 μm). Persentase *filler* yang lebih rendah dengan ukuran yang lebih besar, menurunkan indeks bias antara matriks dan sistem *filler*, akibatnya memungkinkan lebih banyak penetrasi cahaya, sehingga meningkatkan kedalaman *curing* (Sabbagh *et al.*, 2023). Produsen telah mengidentifikasi banyak komponen *bulk-fill* yang meningkatkan kedalaman *curing*. Namun, beberapa informasi tetap dirahasiakan seperti rasio masing-masing monomer, kandungan *filler* atau formulasi yang mereka miliki (Sabbagh *et al.*, 2023).

Modifikasi sistem inisiasi polimerisasi resin komposit *bulk-fill* dilakukan produsen dengan menambahkan inisiator baru seperti Ivocerin, oleh Ivoclar vivadent dalam Tetric Evoceram Bulk-fill. *Photo-inisiator* ini bertindak sebagai promotor polimerisasi yang didasarkan pada unsur kimia Ge (germanium), yang membuat Ivocerin lebih reaktif karena penyerapan yang lebih besar dari 400-450 nm jika dibandingkan dengan *photo-inisiator* tradisional camphorquinone. Penyerapan Cahaya dari evocerin berkisar dari 400-500 nm (Sabbagh *et al.*, 2023). Berbagai bahan *photo-inisiator* yang berbeda dan peningkatan translusensi resin komposit *bulk-fill* telah meningkatkan kedalaman *curing* (Keskin, 2022). Penggunaan bahan resin komposit *bulk-fill* pada kavitas gigi dengan tahap-tahap yang lebih sedikit akan menghasilkan ikatan yang lebih baik. Resin restoratif *bulk-fill*

menunjukkan lebih sedikit *stress shrinkage* dibandingkan komposit *micro-hybrid* konvensional selama dan setelah perawatan ketika digunakan pada restorasi posterior klas II. Gigi yang direstorasi menggunakan bahan komposit konvensional memiliki nilai rata-rata pergerakan cuspal total yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan gigi yang menggunakan bahan restorasi resin komposit *bulk-fill*. Keuntungan klinis lainnya termasuk meminimalkan kemungkinan kontaminasi dengan saliva atau air pada kavitas yang telah dipreparasi terutama ketika tidak menggunakan isolasi *rubber dam* untuk penempatan bahan restorasi (Sabbagh *et al.*, 2023).

1.2.2 Klasifikasi Resin Komposit *Bulk-fill*

Komposisi yang tepat dari banyak bahan resin komposit *bulk-fill* yang tersedia saat ini tidak disediakan oleh produsen sehingga tidak memungkinkan untuk membuat klasifikasi yang akurat dari bahan tersebut (Sabbagh *et al.*, 2023). Namun, bahan restorasi resin komposit *bulk-fill* dapat dikategorikan ke dalam bahan restorasi resin komposit dengan viskositas tinggi atau viskositas rendah, light atau dual cured, kedalaman inkremental maksimumnya, dan apakah bahan restorasi tersebut memerlukan *occlusal capping layer* menggunakan resin komposit konvensional atau tidak (Chesterman *et al.*, 2017).

Resin komposit *bulk-fill* menurut viskositas. Resin komposit *bulk-fill* yang diklasifikasikan berdasarkan viskositasnya dibagi menjadi resin komposit *bulk-fill* viskositas rendah (*flowable*) dan (*sculptable*) (Sabbagh *et al.*, 2023).

a. Resin komposit *bulk-fill* viskositas rendah.

Resin komposit *bulk-fill* base adalah bahan yang *flowable* dengan viskositas rendah yang memudahkan penempatan melalui alat *syringe* dengan lubang kecil. Ukuran dan lokasi kavitas dapat menentukan pilihan bahan resin komposit *bulk-fill*. Bahan yang *flowable* biasanya cocok untuk digunakan pada kavitas yang sempit dan dalam atau sebagai *base* untuk merestorasi kavitas gigi pasca perawatan endodontik. Bahan dengan viskositas yang lebih rendah memungkinkan adaptasi yang baik pada ruang yang sulit diakses. Jika ketahanan terhadap keausan dan fraktur menjadi hal yang diperlukan, pemilihan bahan dengan kandungan *filler* yang lebih tinggi dapat dipertimbangkan (Sabbagh *et al.*, 2023).

Resin komposit *bulk-fill flowable* mengandung persentase partikel *filler* anorganik yang lebih rendah (44-55% volume) dan jumlah komponen resin yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan resin komposit *bulk-fill sculptable*. Akibatnya, proses polimerisasi menyebabkan kontraksi volumetrik yang signifikan, tetapi dengan kontraksi *stress* yang minimal. Menurut Hukum Hooke, *stress* ditentukan oleh volumetrik *shrinkage* dan modulus elastisitas material (Gupta *et al.*, 2018).

Komposit *flowable*, dengan modulus elastisitasnya yang rendah bersaing dengan peningkatan *stress* polimerisasi, sehingga berpotensi

membantu mempertahankan kerapatan marginal restorasi (Isufi, 2016). Selain itu, komposit *flowable* mudah diaplikasikan dan beradaptasi pada dinding kavitas, serta penggunaannya dapat mengurangi cacat marginal pada restorasi. Resin komposit *bulk-fill* lebih translusen dibandingkan restorasi lainnya, yang memungkinkan cahaya untuk mencapai lapisan yang lebih dalam. Kandungan *photo-inisiator* polimerisasi dan penghambat *stress* menentukan kerapatan marginal yang optimal dari komposit ini (Gupta, *et al.*, 2018).

Bulk-fill flowable menunjukkan sifat mekanik yang lebih rendah; permukaannya memiliki ketahanan terhadap keausan yang lebih rendah karena jumlah *filler* yang lebih rendah dibandingkan dengan resin komposit konvensional. Oleh karena itu, penting untuk melapisi bagian oklusal dengan resin komposit konvensional, yang mewakili teknik aplikasi monoblock two steps (Sabbagh *et al.*, 2023).

b. Resin komposit *bulk-fill* viskositas tinggi

Resin komposit *bulk-fill* viskositas tinggi (*sculptable*) dapat disintesis dengan memasukkan resin dengan viskositas tinggi atau meningkatkan kandungan bahan *filler* (hingga 60-80% berat). Resin komposit ini akan memberikan stabilitas yang lebih baik dalam membentuk kontur gigi dan kualitas kekerasan permukaan yang lebih baik setelah proses *curing*. Kandungan *filler* anorganik yang lebih tinggi menjadikannya lebih tahan terhadap keausan dan lebih baik dalam menahan beban pengunyahan. Oleh karena itu, resin komposit ini dapat digunakan untuk mengisi seluruh kavitas dan membentuk permukaan oklusal sebagai lapisan akhir tanpa perlu diberikan capping layer dengan komposit konvensional pada bagian oklusal (Sabbagh *et al.*, 2023). Namun, tidak seperti resin komposit *bulk-fill flowable*, viskositas yang tinggi dari resin komposit *bulk-fill sculptable* dapat berisiko menimbulkan void internal di sepanjang dinding kavitas atau pada sudut-sudut yang tajam yang dapat mengurangi umur restorasi (Gupta, *et al.*, 2018).

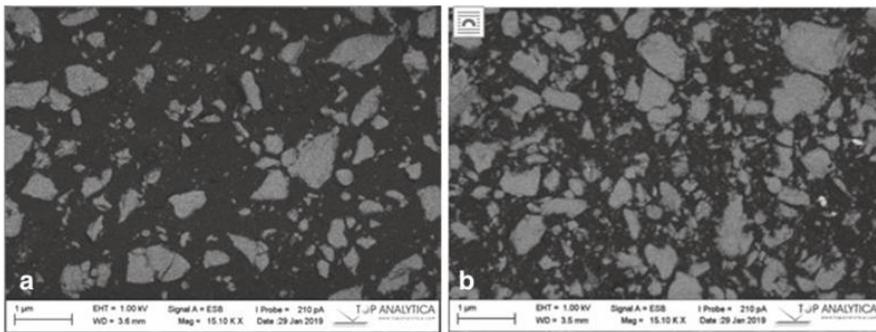
Resin komposit *bulk-fill* yang dimodifikasi

a. Resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced*

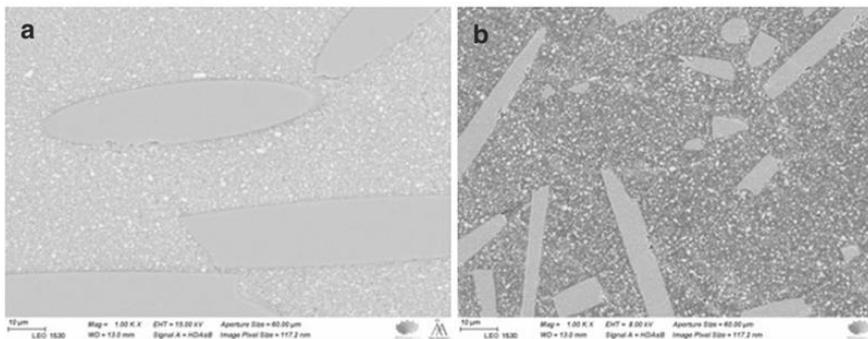
Saat ini, komposit resin yang diperkuat dengan *fiber* telah diperkenalkan sebagai bahan untuk *dentin replacement*. Teknologi resin komposit yang diperkuat *fiber* telah meningkatkan penggunaan bahan resin komposit pada preparasi yang luas (Seekongpan, 2022; Gupta *et al.*, 2018; Sabbagh *et al.*, 2023). Modulus elastisitasnya sebanding dengan dentin sehingga dapat meningkatkan ketahanan terhadap fraktur pada gigi yang dirawat secara endodontik. Bahan ini terdiri dari short *fiber* yang mendistribusikan tegangan dari matriks polimer ke *fiber*. Sejumlah penelitian menunjukkan sifat mekanik yang sebanding atau lebih unggul dari bahan ini, termasuk kekuatan tekan, kekuatan lentur, dan ketahanan terhadap fraktur, dibandingkan dengan resin komposit *bulk-fill* lainnya. Selain itu, bahan ini telah

disarankan untuk digunakan pada restorasi di area yang memiliki tekanan tinggi (Natsir *et al.*, 2022; Seekongpan, 2022; Leprince, 2014).

Resin komposit *fiber-reinforced* adalah resin komposit dengan tiga komponen yang berbeda: matriks resin (*continuous phase*), *fiber* (*dispersed phase*), dan zona di antara keduanya (*interphase*). Material resin komposit *fiber-reinforced* memiliki kekakuan dan kekuatan yang tinggi per berat jika dibandingkan dengan material struktural lainnya serta ketangguhan yang memadai (Sabbagh *et al.*, 2023). Resin komposit *fiber-reinforced* tersedia dalam viskositas tinggi dan viskositas rendah. Resin komposit *fiber-reinforced* viskositas tinggi, contohnya Ever-X Posterior (GC Corporation), yang mengandung 24%berat matriks resin, *short E-glass fiber* dengan skala berukuran milimeter (mm), kandungan *fibernya* 9%berat, dan total *fillernya* 67%berat. Sedangkan, resin komposit *fiber-reinforced* viskositas rendah, Ever-X Flow (GC Corporation) mengandung matriks resin 30%berat, *short fiber* dengan skala berukuran mikrometer (μm), kandungan *fibernya* 25%berat, dan total *fillernya* 45%berat (Garoushi *et al.*, 2023).



Gambar 1.1 Gambaran SEM persentase *filler* resin komposit *fiber-reinforced* (Skala bar: 1 μm) menunjukka: (a) everX Posterior (b) everX flow



Gambar 1.2 Gambaran SEM diameter *filler* resin komposit *fiber-reinforced* (skala bar: 10 μm) menunjukkan: (a) everX Posterior (b) everX flow

b. Resin komposit *bulk-fill sonic activated*

Bahan resin komposit *bulk-fill* yang dimodifikasi lainnya yang tersedia bagi praktisi termasuk bahan resin komposit *bulk-fill* yang diaktivasi secara sonik (Sonicfill, Kerr). Energi sonik berkontribusi terhadap peningkatan fluiditas dengan distribusi partikel anorganik yang lebih baik yang dapat dikaitkan dengan jumlah dan komposisi matriks organik dan anorganik dari material ini. Bahan resin komposit *bulk-fill* yang diaktivasi dengan sonik diantaranya SonicFill, SonicFill 2, dan SonicFill 3 (Kerr; Orange, CA, USA). Bahan ini adalah resin komposit *bulk-fill* dengan viskositas tinggi yang dialirkan melalui handpiece yang aktivasi oleh getaran sonik yang menghasilkan penurunan viskositas material hingga hampir 84%. Hasilnya, bahan ini dapat diaplikasikan dengan mudah ke dalam kavitas sebagai komposit *flowable*, sebelum kembali ke kondisi yang lebih visibel yang kemudian dapat dibentuk sesuai dengan anatomi yang diperlukan (Sabbagh *et al.*, 2023).

c. Resin komposit *bulk-fill thermo-viscous*

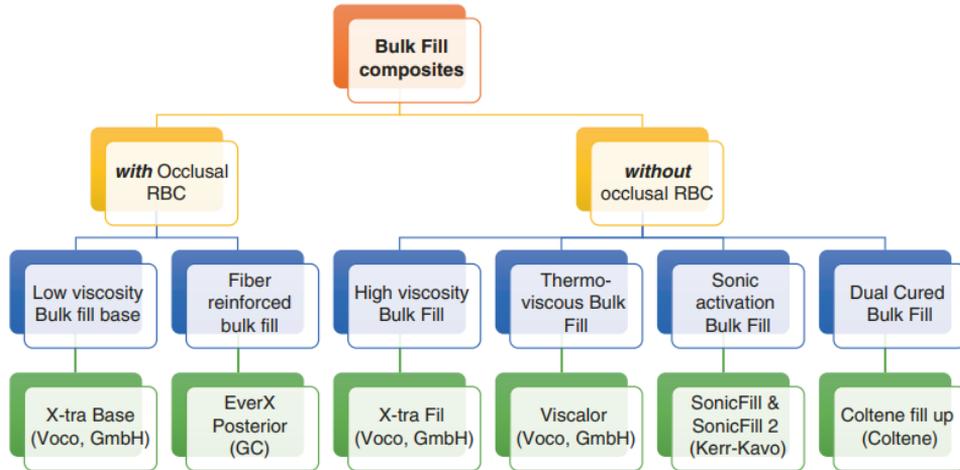
Modifikasi lain dari bahan resin komposit *bulk-fill* adalah penggunaan teknologi *thermo-viscous* untuk memanaskan *composite gun* yang memungkinkan aplikasi bahan menjadi lebih mudah ke dalam kavitas yang diikuti dengan pembentukan resin (VisCalor, Voco) (Sabbagh *et al.*, 2023). Viscalor *Bulk-fill* adalah bahan pertama di pasaran yang menggunakan teknologi *thermo-viscous*. Permukaan *filler* dipanaskan dan disesuaikan dengan matriks resin yang membantu mengurangi viskositasnya yang berkurang selama peningkatan suhu. Efek dari teknologi ini adalah material diaplikasikan dalam konsistensi yang *flowable* pada suhu 68°C melalui alat pengatur suhu komposit atau dispenser VisCalor, namun tetap dapat dibentuk seperti komposit *packable* pada suhu normal (Sabbagh *et al.*, 2023).

d. Resin komposit *bulk-fill dual-cured*

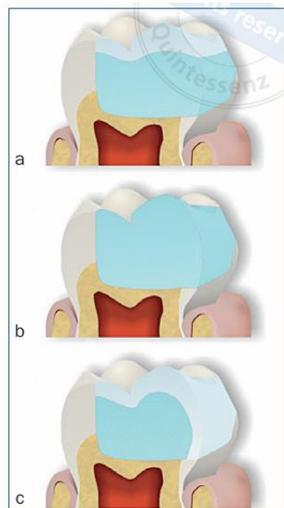
Resin komposit *bulk-fill* juga dapat dikategorikan menurut mode foto polimerisasinya, yaitu resin komposit *bulk-fill light cured* atau *dual cured*. Resin komposit *bulk-fill dual-cured* seperti fill-up memiliki beban *filler* yang rendah (65% berat), namun produsen menyatakan bahwa bahan ini dapat digunakan tanpa resin komposit konvensional sebagai lapisan akhir. Karena kurangnya studi klinis untuk mendukung informasi ini, penulis mengingatkan para dokter, bahwa kandungan *filler* yang rendah dalam komposit akan membuatnya lebih tidak tahan keausan (Sabbagh *et al.*, 2023).

Resin Komposit *Bulk-fill* Berdasarkan Teknik Aplikasi: Klasifikasi resin komposit *bulk-fill* dapat dibagi menurut teknik aplikasinya (gambar 4) dan dapat digambarkan dengan ilustrasi (gambar 5, 6, 7) (Sabbagh *et al.*, 2023, Corral-Nunez *et al.*, 2015; Van Ende, 2017). Setiap jenis dari bahan restorasi resin komposit *bulk-fill* idealnya harus diaplikasikan sesuai indikasinya. Semua bahan restorasi *bulk-fill* dapat

dilapisi dengan resin komposit konvensional untuk meningkatkan estetika dan sifat fisik restorasi (Chesterman et.al, 2017; Van Ende, 2017).



Gambar 1.3 Klasifikasi resin komposit *bulk-fill* berdasarkan teknik aplikasinya. Setiap jenis dari bahan restorasi resin komposit *bulk-fill* idealnya harus diaplikasikan sesuai indikasinya. Semua bahan restorasi *bulk-fill* dapat dilapisi dengan resin komposit konvensional untuk meningkatkan estetika dan sifat fisik restorasi (Chesterman *et al.*, 2017; Van Ende, 2017).



Gambar 1.4 Ilustrasi teknik *bulk-fill* (a) resin komposit *bulk-fill flowable*; (b) resin komposit *bulkfill sculptable/full-body*; dan (c) resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced*

1.2.3 Sistem Adhesif Resin Komposit *Bulk-fill*

Kedokteran gigi adhesif adalah perawatan konservatif yang menggunakan bahan berbasis resin yang berikatan langsung dengan struktur gigi. Hal ini menjaga

jaringan keras tanpa mengorbankan jaringan gigi sehat, menghilangkan retensi mekanis, dan meningkatkan kerapatan marginal dari restorasi resin (Sadr *et al.*, 2023). Ada banyak bahan adhesif yang tersedia di pasaran yang dapat diklasifikasikan dalam tiga kategori terkait teknik ikatannya pada substrat gigi: sistem *etch-and-rinse (total-etch)*, *self-etch (SE)*, dan *universal (multi-mode)* (Zecin-Deren, 2019).

Dari sudut pandang manajemen waktu kerja klinis, menggabungkan pendekatan *bulk-filling* dengan sistem adhesif *all-in-one* atau *universal* dengan *single-step* dianggap hal yang tepat. Pendekatan ini menawarkan prosedur aplikasi yang disederhanakan sehingga mengurangi waktu perawatan dibandingkan dengan adhesif *two-step self-etch* yang membutuhkan setidaknya dua langkah aplikasi terpisah (Sadr *et al.*, 2023).

Bahan adhesif universal merupakan generasi bahan adhesif yang dikenal sebagai bahan adhesif "*Multi mode*" atau "*multi-purpose*" karena dapat digunakan dengan teknik *etch-and-rinse*, *self-etch*, atau *selective etch*. Aplikasi bahan adhesif ini dapat digunakan bersama dengan atau tanpa asam fosfat. *Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate* (MDP) merupakan monomer asam hidrofilik yang banyak ditemukan pada adhesif generasi ini. Prinsip kerja dari monomer tersebut adalah terbentuknya ikatan ion antara gugus karboksilat dan atau fosfat dari MDP dengan kalsium dari hidroksiapatit untuk membentuk senyawa MDP-kalsium. Selain itu, bahan adhesif ini juga mengandung *biphenyl dimethacrylate* (BPDM), *dipentaerythritol pentaacrylate phosphoric acid ester* (PENTA) dan kopolimer asam polialkenoat, yang dapat meningkatkan ikatan dengan struktur gigi. Komposisi lain yang terkandung adalah kombinasi monomer hidrofilik (*hydroxyethyl methacrylate/HEMA*), hidrofobik (*decandiol di-methacrylate/D3MA*), dan intermediet (*bis-GMA*) (Fibryanto, 2020).

1.2.4 Restorasi Direk Gigi Setelah Perawatan Endodontik

Selama beberapa dekade, dokter gigi telah menggunakan klasifikasi GV Black untuk kavitas gigi dengan prinsip konsep *extension for prevention*. Klasifikasi kavitas yang baru kemudian diterbitkan pada tahun 1998 oleh Mount dan Hume dalam restorasi adhesif. Hal ini menekankan prinsip *minimal extention* yang menekankan bahwa prinsip utama dari restorasi adalah membuang sesedikit mungkin struktur gigi. Hanya bagian karies dari gigi yang perlu dibuang, yang mengarah pada preparasi yang minimal. Preparasi kavitas yang minimal dapat menyisakan email yang tidak didukung (*undermine*) pada *cavo-surface-margin*, pada dinding proksimal, dan pada rantai servikal (Sabbagh *et al.*, 2023).

Gigi yang dirawat secara endodontik lebih rentan terhadap fraktur jika dibandingkan dengan gigi vital, struktur yang melemah pada gigi yang dirawat secara endodontik terutama disebabkan oleh hilangnya struktur anatomis seperti *marginal ridge*, *cusps*, dan atap ruang pulpa akibat karies, akses kavitas, dan preparasi radikular. pengurangan jaringan koronal dan radikular sebagai akibat dari karies gigi, prosedur perawatan, prosedur intra-radikular, dan perawatan

sebelumnya, dan prosedur restoratif (Gamal 2022; Kalburge 2013). Pembuangan jaringan gigi secara ekstensif akan mengakibatkan kehilangan jaringan lebih lanjut yang berakibat pada berkurangnya kekuatan fraktur gigi. Preparasi kavitas oklusal mengurangi kekakuan gigi sebesar 14-44% dan mesio-okluso-distal (MOD) sebesar 20-63%. Selain itu, adanya kavitas akses endodontik semakin melemahkan gigi. Prosedur endodontik mengurangi tingkat kekakuan gigi hanya sebesar 5% (Belli *et al.*, 2015).

Ketahanan fraktur gigi yang telah direstorasi secara direk berhubungan dengan jumlah struktur gigi yang tersisa. Selain itu, kehilangan jaringan pada tingkat radikuler atau koronal mempengaruhi *strain*, *failure mode*, dan distribusi *stress* pada gigi yang dirawat secara endodontik, yang mengakibatkan perubahan biomekanik yang signifikan. Restorasi membantu gigi mendapatkan kembali respons awalnya ketika diberikan pembebanan. Jumlah struktur koronal gigi yang tersisa serta persyaratan fungsional harus dipertimbangkan untuk memberikan restorasi yang tepat dan tahan lama (Belli *et al.*, 2015).

1.2.5 Sifat Mekanik Resin Komposit *Bulk-fill*

Perbedaan sifat mekanik dan kedalaman *curing* dapat disebabkan oleh perbedaan komposisi resin, translusensi material, viskositas, jenis *filler*, dan kandungannya. Sifat mekanik dari resin komposit *bulk-fill* sebenarnya telah menjadi bahan perdebatan. Beberapa penulis telah melaporkan sifat mekanik yang lebih rendah daripada resin komposit konvensional dengan tingkat viskositas tinggi, sementara yang lain telah melaporkan nilai yang mendekati resin komposit konvensional (Paolone *et al.*, 2023).

Dalam situasi klinis, ukuran, jenis, dan lokasi kavitas harus menjadi pertimbangan dalam pemilihan bahan restorasi. Sifat mekanis dari bahan yang berbeda sangat bervariasi (Gupta *et al.*, 2018). Jenis matriks organik, ukuran dan morfologi *filler*, jenis dan rasio monomer, dan fotoinisiasi kimiawi sangat bervariasi antar produk (Sabbagh *et al.*, 2023).

Perbedaan sifat mekanik telah dilaporkan pada bahan *bulk-fill* yang *flowable*, *full body*, dan *fiber-reinforced*. Karena sifat mekaniknya yang buruk, penggunaan komposit *bulk-fill* dengan viskositas rendah tidak direkomendasikan dalam situasi di mana terdapat tekanan mekanik yang tinggi, seperti kontak langsung dengan beban oklusal. Sifat mekanik yang buruk dari komposit *bulk-fill* yang *flowable* menyoroti perlunya ditutup dengan resin komposit konvensional. Prosedur *capping layer* ini harus dilakukan untuk mengatasi sifat permukaan yang buruk, estetika yang rendah, dan degradasi material. (Sabbagh *et al.*, 2023)

Bahan yang diperkuat dengan *fiber* memungkinkan ketahanan fraktur yang jauh lebih tinggi karena adanya penguat *fiber*. Bahan ini juga dapat mencegah perambatan fraktur di dalam restorasi dan diindikasikan untuk restorasi gigi yang dirawat secara endodontik (Paolone *et al.*, 2023).

1.2.6 Ketahanan Fraktur Resin Komposit

Ketahanan fraktur adalah toleransi sampel terhadap tekanan yang berbeda dan nilainya bergantung pada kemampuan material untuk menahan perambatan retakan yang berasal dari cacat internal yang selanjutnya menyebabkan fraktur mikroskopis pada tepi restorasi atau bahkan mengakibatkan fraktur besar pada restorasi hingga dapat melibatkan gigi itu sendiri (Paolone *et al.*, 2023).

Perambatan dan akumulasi retakan mikro akan menyebabkan frakturnya restorasi komposit. Retakan mikro ini dapat terjadi karena sifat komposit seperti *stress* dan *strain shrinkage*, water sorption, degradasi permukaan antara polimer atau *polimer-filler*, dan ketidaksesuaian termal ekspansi atau karena faktor lingkungan seperti beban pengunyahan dan pemakaian (Aminoroaya *et.al*, 2020). Ketahanan fraktur pada restorasi komposit gigi telah ditingkatkan dengan penggabungan *filler* berskala nano, penambahan *fiber* sebagai penguat, dan monomer dengan mekanisme polimerisasi yang lebih baik seperti thiol-enes. Selain itu, resin komposit gigi jenis baru yang mampu memperbaiki retakan dan retakan mikro secara spontan telah dikembangkan dengan penggabungan sistem self-healing mikrokapsul/katalis ekstrinsik sebagai *filler* (Aminoroaya *et.al*, 2020). Uji ketahanan fraktur biasanya dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dimana tekanan diberikan dalam kecepatan 1mm/menit yang diukur dengan UTM. Hasil ukurnya dicatat dalam satuan Newton dan nilainya bergantung pada kemampuan material untuk menahan perambatan retakan hingga terjadinya fraktur (Atalay *et al.*, 2016; Gamal *et al.*, 2022).



Gambar 1.6 Uji ketahanan fraktur dengan *Universal Testing Machine* (UTM)

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan pada latar belakang, maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah berapa besar nilai ketahanan fraktur pada gigi pasca perawatan endodontik yang direstorasi dengan resin komposit *bulk-fill*?

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan Umum

Menilai ketahanan fraktur pada gigi pasca perawatan endodontik yang direstorasi dengan resin komposit *bulk-fill*.

Tujuan Khusus

1. Menilai perbedaan ketahanan fraktur pada gigi pasca perawatan endodontik yang direstorasi dengan resin komposit *bulk-fill* dengan viskositas berbeda.
2. Menilai perbedaan ketahanan fraktur pada gigi pasca perawatan endodontik yang direstorasi dengan resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced* dengan viskositas berbeda.
3. Menilai perbedaan ketahanan fraktur pada gigi pasca perawatan endodontik yang direstorasi dengan resin komposit *bulk-fill* dibandingkan dengan resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced*.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Manfaat IPTEK

Dapat memberikan pengetahuan mengenai penggunaan resin komposit *bulk-fill* sebagai bahan restorasi gigi pasca perawatan endodontik.

Manfaat Klinis

Dapat memberikan informasi bagi dokter gigi dan dokter gigi spesialis konservasi gigi mengenai hasil evaluasi ketahanan fraktur pada gigi pasca perawatan endodontik yang direstorasi dengan resin komposit *bulk-fill* dan resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced*.

1.5 Hipotesis Penelitian

Terdapat perbedaan antara ketahanan fraktur pada gigi pasca perawatan endodontik yang direstorasi dengan resin komposit *bulk-fill* berbeda.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu

2.1.1 Tempat Penelitian

Pembuatan sampel dilakukan di Laboratorium Konservasi Gigi Fakultas Kedokteran Gigi; pemeriksaan uji ketahanan fraktur menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) di Laboratorium Metalurgi Fisik, Fakultas Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin.

2.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari – April 2024

2.2 Bahan dan Alat

2.2.1 Bahan Penelitian

1. Larutan salin (NaCl 0.9%)
2. Air suling
3. *Self-curing acrylic* (Hillon, England)
4. Larutan Irigasi NaOCl 2,5% (MD Cleanser, Meta Biomed, Korea)
5. Larutan Aquades
6. Larutan Irigasi EDTA 17% (MD Cleanser, Meta Biomed, Korea)
7. *Gutta Percha* (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Swiss)
8. *Absorbent Paper Point* (Meta Biomed, Korea)
9. *Root Canal Resin Based Sealer* (Dentsply DeTrey, Konstanz, Jerman)
10. Tetric-N Bond Universal (Ivoclar, Vivadent, Liechtenstein)
11. G-Bond Universal (GC Corp, Jepang)
12. Resin komposit Tetric-N Ceram Bulk-fill (Ivoclar, Vivadent, Liechtenstein)
13. Resin komposit Tetric-N Flow Bulk-fill (Ivoclar, Vivadent, Liechtenstein)
14. Resin komposit Ever-X Posterior (GC Corp, Jepang)
15. Resin komposit Ever-X Flow (GC Corp, Jepang)
16. Resin komposit Tetric-N Ceram (Ivoclar, Vivadent, Liechtenstein)
17. Resin komposit G-Aenial Posterior (GC Corp, Jepang)

2.2.2 Alat Penelitian

1. Masker (OneMed, Indonesia)
2. *Handskoer* (OneMed, Indonesia)
3. Dental kaliper
4. Probe periodontal (Schezer, Germany)
5. Cetakan akrilik

6. S spuit 10cc untuk membuat cetakan akrilik
7. S spuit 5cc untuk irigasi saluran akar
8. *Handpiece* kecepatan tinggi (Panamax NSK, Jepang)
9. *Handpiece* kecepatan rendah (Panamax NSK, Jepang)
10. Semprotan udara dan air
11. *Round* dan *fissure diamond bur* (Osung, Korea)
12. K-File 10, 15, 20, 25 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Swiss)
13. *Endoblock* (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Swiss)
14. *Endostand* (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Swiss)
15. Protaper Next X1-X2 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Swiss)
16. Jarum irigasi (OneMed, Indonesia)
17. Endomotor (Dentsply-Sirona, Ballaigues, Swiss)
18. *Fast-pack* (Eighteeth, China)
19. Agate spatel
20. *Bonding applicator*
21. Sonde lurus dan sonde kait (Schezer, Germany)
22. Matriks universal (Tofflemire, Dentsply Sirona, Ballaigues, Swiss)
23. Instrument *plastic filling* (Nexton, Pakistan)
24. LED Noblesse-E (Max Dental Co., Ltd., Korea)
25. *Finishing diamond bur* (Osung, Korea)
26. *Polishing disc*
27. *Rubber point*
28. *Universal Testing Machine* (Shimadzu, Jepang)

2.3 Metode Penelitian

2.3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian *true experimental* laboratoris dengan desain penelitian *post-test only with control group*.

2.3.2 Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini adalah gigi premolar satu rahang atas yang telah diekstraksi dan diperoleh dari praktek dokter gigi yang memenuhi kriteria inklusi dan menerima tindakan perawatan saluran akar. Adapun kriteria inklusi dan eksklusi sebagai berikut:

Kriteria inklusi:

1. Tidak ada karies, fraktur, dan *crack*
2. Tidak ada restorasi sebelumnya
3. Dibersihkan dari jaringan lunak dan kalkulus

Kriteria eksklusi:

Sampel yang *crack* atau fraktur sebelum dilakukan uji ketahanan fraktur

Perhitungan besar sampel dalam penelitian ini menggunakan rumus Federer:

$$(n-1) \times (t-1) \geq 15$$

Keterangan :

n = replikasi (besar sampel per kelompok)

t = jumlah kelompok penelitian

Cara perhitungan besar sampel:

t = 6 kelompok penelitian

$$(n-1) \times (6-1) \geq 15$$

$$(n-1) \times 5 \geq 15$$

$$(5n-5) \geq 15$$

$$5n \geq 20$$

$$n \geq 4$$

Besar sampel untuk setiap kelompok perlakuan berdasarkan rumus Federer adalah empat sampel. Namun, untuk memenuhi standar jumlah sampel agar terdistribusi normal (≥ 30), maka besar sampel untuk setiap kelompok perlakuan adalah enam sampel. Jumlah keseluruhan sampel adalah 36 yang dibagi secara acak ke dalam 6 kelompok, yaitu:

- Kelompok KN : Kontrol negatif yang merupakan gigi intak premolar satu rahang atas.
- Kelompok KP : Kontrol positif yang merupakan gigi premolar satu rahang atas yang dirawat endodontik, dipreparasi dengan desain kavitas Mesio-Oklusal-Distal (MOD), namun tidak direstorasi.
- Kelompok TNFB : Gigi premolar satu rahang atas yang telah dirawat endodontik, dipreparasi dengan desain kavitas Mesio-Oklusal-Distal (MOD), dan direstorasi direk dengan mengaplikasikan resin komposit *bulk-fill* viskositas rendah (Tetric N-Flow Bulk-fill).
- Kelompok TNB : Gigi premolar satu rahang atas yang telah dipreparasi dengan desain kavitas Mesio-Oklusal-Distal (MOD), dirawat endodontik, dan direstorasi direk dengan mengaplikasikan resin komposit *bulk-fill* viskositas tinggi (Tetric N-Ceram Bulk-fill).
- Kelompok EXF : Gigi premolar satu rahang atas yang telah dirawat endodontik, dipreparasi dengan desain kavitas Mesio-Oklusal-Distal (MOD), dan direstorasi direk dengan mengaplikasikan resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced* viskositas rendah (EverX Flow).
- Kelompok EXP : Gigi premolar satu rahang atas yang telah dirawat endodontik, dipreparasi dengan desain kavitas Mesio-Oklusal-Distal (MOD), dan direstorasi direk dengan mengaplikasikan resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced* viskositas tinggi (EverX Posterior).

2.3.3 Identifikasi Variabel dan Definisi Operasional

Variabel Penelitian

- Variabel bebas : Resin komposit *bulk-fill* viskositas rendah, *bulk-fill* viskositas tinggi, *bulk-fill fiber-reinforced* viskositas rendah, *bulk-fill fiber-reinforced* viskositas tinggi
- Variabel terikat : Ketahanan fraktur pada gigi pasca perawatan endodontik
- Variabel kendali : Desain preparasi kavitas MOD, jenis dan bentuk *diamond bur*, ketajaman mata bur (1 bur untuk 5 gigi), teknik preparasi saluran akar, teknik obturasi saluran akar, bahan adhesif, teknik insersi resin komposit (*bulk system*), unit *light-curing*, *mode curing*, jarak *curing*, arah *curing*, dan komposit nanofill konvensional. Operator yang melakukan prosedur persiapan sampel adalah peneliti untuk semua sampel dan yang mengukur nilai ketahanan fraktur adalah laboran yang sama untuk semua sampel.
- Variabel antara : Komposisi resin komposit *bulk-fill* dan proses polimerisasi.

Definisi Operasional

1. Resin komposit *bulk-fill* viskositas rendah: bahan restorasi dari resin komposit Tetric-N Flow Bulk-fill (Ivoclar, Vivadent) yang dapat diaplikasikan hingga ketebalan 4 mm.
2. Resin komposit *bulk-fill* viskositas tinggi: bahan restorasi dari resin komposit Tetric-N Ceram Bulk-fill (Ivoclar, Vivadent) yang dapat diaplikasikan hingga ketebalan 4 mm.
3. Resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced* viskositas rendah: bahan restorasi dari resin komposit Ever-X Flow (GC Corporation) yang dapat diaplikasikan hingga ketebalan 4 mm.
4. Resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced* viskositas tinggi: bahan restorasi dari resin komposit Ever-X Posterior (GC Corporation) yang dapat diaplikasikan hingga ketebalan 4 mm.
5. Ketahanan fraktur adalah toleransi sampel terhadap tekanan untuk menahan perambatan retakan hingga terjadinya fraktur. Nilai ketahanan fraktur dinilai dari gaya maksimum yang dicatat dalam satuan Newton terhadap tekanan yang diberikan dalam kecepatan 1mm/menit dan dilihat pada grafik layar komputer yang tersambung dengan *Universal Testing Machine* (UTM).
6. Gigi pasca perawatan endodontik adalah gigi premolar satu rahang atas yang telah menerima prosedur perawatan endodontik, mulai dari *access opening*, preparasi saluran akar, desinfeksi, hingga obturasi. Gigi dipreparasi dengan Kavitas Mesial-Oklusal-Distal (MOD).

2.4 Pelaksanaan Penelitian

2.4.1 Persiapan Sampel

Sampel yang digunakan sebanyak 36 buah gigi premolar rahang atas yang telah diekstraksi untuk keperluan ortodonti dan dibersihkan dengan *scaler*, kemudian direndam dalam larutan *saline*. Sampel dikelompokkan menjadi 6 kelompok dengan jumlah sampel masing-masing kelompok sebanyak 6 sampel dan ditanam dalam balok resin *self-cure* untuk memudahkan prosedur perawatan endodontik dan restorasi.

2.4.2 Prosedur Perawatan Endodontik

Akses kavitas endodontik dibuat dengan menggunakan *handpiece* berkecepatan tinggi. Pembersihan dan pembentukan saluran akar dilakukan dengan menggunakan instrumen rotari ProTaper Next (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Swiss) hingga X2 (#25), bersamaan dengan irigasi 2 ml sodium hipoklorit (NaOCl) 2,5% di setiap pergantian file.

Debridement saluran akar yang telah dipreparasi dilakukan dengan cara mengirigasi saluran akar dengan 5 ml EDTA 17% (MD Cleanser, Meta Biomed, Korea), diikuti dengan 5 ml air salin. Saluran akar kemudian dikeringkan dengan menggunakan *paper point*. Setelah itu, akar diisi dengan *gutta-percha* ProTaper Next X2 dan *sealer* saluran akar berbasis resin AH-Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Jerman) dengan teknik *single-cone*.

Gutta-percha bagian koronal dibuang hingga 1 mm di bawah orifisium dengan Fast Pack (Eighteenth, China). Orifisium kemudian ditutup dengan lapisan RMGIC 2 mm. Sebuah *matriks band* universal (Tofflemire, Dentsply Sirona, Ballaigues, Swiss) ditempatkan di sekitar setiap gigi yang telah dipreparasi.

2.4.3 Prosedur Preparasi Kavitas

Gigi dipreparasi dengan Kavitas Mesial-Oklusal-Distal (MOD) menggunakan *diamond bur* dengan *hand-piece* berkecepatan tinggi di bawah air. Pengukuran spesifik untuk dimensi kavitas sebagai berikut: 6 mm kedalaman kavitas dari oklusal dimana 5 pada bagian *isthmus* dan kedalaman gingival wall 1 mm. Untuk lebar kavitas bukal-palatal yaitu 1/3 dari jarak *inter-cuspal* dan lebar *gingival floor* sebesar 1.5 mm. *Probe* periodontal digunakan untuk memperkirakan dimensi kavitas selama preparasi. Dinding palatal dan bukal dipreparasi sejajar satu sama lain.

2.4.4 Prosedur Restorasi

Kelompok TNFB : Sampel gigi pada kelompok TNFB direstorasi menggunakan sistem *self-etch adhesif* dengan *universal bond*, Tetric N-Bond Universal (Ivoclar, Vivadent, Liechtenstein), diaplikasikan dan dibiarkan selama 10 detik,

kemudian diberikan tekanan udara ringan untuk menyebarkan bahan adhesif merata di seluruh permukaan gigi hingga terlihat mengkilap selama 5 detik dan disinari selama 5 detik. Komposit Tetric N-Flow Bulk-fill (Ivoclar, Vivadent, Liechtenstein) diaplikasikan dengan ketebalan hingga 4 mm dan disinari selama 10 detik. Selanjutnya disisakan kavitas yang cukup (1 mm) untuk komposit nanofill konvensional, Tetric N-Ceram (Ivoclar, Vivadent, Liechtenstein), sebagai *capping layer* pada semua permukaan restorasi. Komposit diaplikasikan dan disinari selama 10 detik.

- Kelompok TNB : Sampel gigi pada kelompok TNB direstorasi menggunakan sistem *self-etch adhesif*, Tetric N-Bond Universal (Ivoclar, Vivadent,) diaplikasikan dan dibiarkan selama 10 detik, kemudian diberikan tekanan udara ringan untuk menyebarkan bahan adhesif merata di seluruh permukaan gigi hingga terlihat mengkilap selama 5 detik dan disinari selama 5 detik. Resin komposit Tetric N-Ceram Bulk-fill (Ivoclar, Vivadent, Liechtenstein) diaplikasikan dengan ketebalan hingga 4 mm dan kemudian disinari selama 10 detik. Kavitas diisi dengan resin komposit Tetric N-Ceram Bulk-fill hingga oklusal.
- Kelompok EXF : Sampel gigi pada kelompok EXF direstorasi menggunakan sistem *self-etch adhesif*, G-Premio Bond (GC Corp, Jepang), diaplikasikan pada kavitas dan dibiarkan selama 10 detik. Kavitas kemudian diberikan tekanan udara ringan untuk menyebarkan bahan adhesif merata di seluruh permukaan gigi hingga terlihat mengkilap selama 5 detik dan disinari selama 5 detik. Kavitas di-*build-up* dengan komposit konvensional, Solare Sculpt (GC Corp, Jepang), pada daerah proksimal dan disinari selama 10 detik. Resin komposit EverX Flow (GC Corp, Jepang) diaplikasikan pada kavitas dengan ketebalan 4 mm. Selanjutnya diaplikasikan Solare sculpt sebagai *capping layer* dengan ketebalan 1 mm pada daerah oklusal dan disinari selama 10 detik.
- Kelompok EXP : Sampel gigi pada kelompok EXP direstorasi menggunakan sistem *self-etch adhesif*, G-Premio Bond (GC Corp, Jepang), diaplikasikan pada kavitas dan dibiarkan selama 10 detik. Kavitas kemudian diberikan tekanan udara ringan untuk menyebarkan bahan adhesif merata di seluruh permukaan gigi hingga terlihat mengkilap selama 5 detik dan disinari selama 5 detik. Kavitas di-*build-up* dengan

komposit konvensional, Solare Sculpt (GC Corp, Jepang), pada daerah proksimal dan disinari selama 10 detik. Resin komposit EverX Posterior (GC Corp, Jepang) diaplikasikan pada kavitas dengan ketebalan 4 mm. Selanjutnya diaplikasikan resin komposit Solare Sculpt sebagai *capping layer* pada daerah oklusal dan disinari selama 10 detik.

Restorasi di-*finishing* dengan *handpiece* berkecepatan tinggi di bawah tekanan udara/air dengan menggunakan *diamond finishing bur*. Selanjutnya, restorasi di-*polishing* dengan *polishing disc* dan *rubber point*. Bahan restorasi, bahan adhesif, dan unit *light-cure* yang digunakan terdapat pada **tabel 2.1**. Seluruh prosedur pembuatan sampel dilakukan oleh operator yang sama.

2.4.5 Prosedur Uji Ketahanan Fraktur

Ketahanan fraktur dievaluasi dengan menempatkan sampel yang ditanam di balok resin *self-cure* yang diletakkan di antara dua blok baja persegi panjang pada *Universal Testing Machine* (UTM). Alat penekan dengan diameter 6.5 mm sebagai beban bersentuhan dengan *slope* oklusal bukal dan palatal yang menyentuh bahan restorasi dan struktur gigi, kemudian beban oklusal diaplikasikan secara vertikal ke sumbu panjang gigi dengan kecepatan 1mm/menit dan menekan sampel sampai terjadi fraktur. Nilai ketahanan fraktur dilihat dan diambil pada grafik layar komputer yang tersambung dengan UTM.

2.4.6 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan jenis data primer yang diolah menggunakan SPSS 26 untuk *Windows* dan dianalisis menggunakan Uji *One-way ANOVA* dan *LSD*. Hasil analisis uji data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

2.5 Parameter Pengamatan

Pengamatan nilai ketahanan fraktur dilakukan dengan menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* (UTM). Nilai ketahanan fraktur diambil dari gaya maksimum yang dicatat dalam satuan Newton dan dilihat pada grafik layar komputer yang tersambung dengan UTM.

Tabel 2.1 Bahan restorasi, adhesif, dan unit *light curing* pada penelitian

Bahan	Tipe	Komposisi			Manufaktur
		Matriks resin	Filler	Photoinitiator & Lama penyinaran	
Tetric N-Ceram Bulk-fill	<i>Bulk-fill sculptable composite</i>	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA	<i>Barium glass, ytterbium fluoride, spherical mixed oxide filler, dan pre-polymer. Filler loading inorganik 79%wt & 61vol%</i>	CQ, TPO, Ivocerin ≥1000 mW/cm ² : 10s	Ivoclar, Vivadent
Tetric-N Flow Bulk-fill	<i>Bulk-fill flowable composite</i>	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA	<i>Barium glass, ytterbium trifluoride, mixed oxide, silicon dioxide, dan copolymers. Filler loading inorganik 64.9wt%, 46.4vol%. Ukuran partikel: 0,1 µm & 30 µm</i>	Ivocerin 900-1,400 mW/cm ² : 10s	Ivoclar, Vivadent
Tetric N-Ceram	<i>Nanohybrid composite</i>	Bis-GMA, UDMA	<i>Barium aluminosilicate glass, prepolymer filler. Filler load 80wt%</i>	≥1000 mW/cm ² : 10s	Ivoclar, Vivadent
Ever-X Posterior	<i>Short fiber-reinforced composite (Bulk-shade)</i>	Bis-GMA, TEGDMA, PMMA, hybrid filler fraction	<i>Campuran partikel filler dan e-glass fiber. Barium glass filler (total filler 76wt% dan 57 vol%). Panjang fiber 1-2 mm & diameter 17 µm. Kandungan fiber. 9%</i>	>1200 mW/cm ² : 10s	GC Corporation
Ever-X Flow	<i>Short fiber-reinforced flowable composite</i>	Bis-EMA, TEGDMA dan UDMA	<i>Campuran partikel filler dan e-glass fiber. Barium glass filler (total filler 70wt% dan 46 vol%). Panjang fiber 140 µm dan diameter 6µm. Kandungan fiber 25%</i>	>1200 mW/cm ² : 10s	GC Corporation
Solare sculpt	<i>Nanohybrid composite</i>	<i>Dimethacrylate monomer</i>	<i>Pre-polymerize, 300 nm homogenous strontium nano ceramic filler fillers</i>	1200 mW/cm ² : 10s	GC Corporation

Bahan	Tipe	Komposisi	Intensitas & Lama Curing	Manufaktur
Tetric-N Bond Universal	<i>Universal adhesive system</i>	HEMA, Bis-GMA, D3MA, MDP, <i>ethanol, water, methacrylate-modified polyacrylic acid, silicon dioxide, camphor quinone, ethyl p-dimethyl aminobenzoate, 2-dimethyl aminoethyl methacrylate.</i>	1800-2200 mW/cm ² : 5s	Ivoclar, Vivadent

G-Premio Bond	<i>Universal adhesive system</i>	10-MDP, 4-META, 10-MDTP, <i>metacrylate acid ester, distilled water, acetone, photoinitiator, fine powdered silica</i>	1200 mW/cm ² : 5s	GC Corporation
---------------	----------------------------------	--	------------------------------	----------------

Unit Light-curing	Sumber Cahaya	Panjang Gelombang	Intensitas Cahaya	Manufaktur
Noblesse-E (MCE-230109)	<i>Blue light</i>	430-490nm	1200-2000 mW/cm ²	Max Dental Co., Ltd.

