

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Perawatan endodontik bertujuan untuk mengatasi masalah pada pulpa gigi yang terinfeksi (AlAnazi et al., 2022). Proses perawatan endodontik meliputi pengangkatan jaringan pulpa dan preparasi saluran akar yang melibatkan prosedur mekanis dan kimia (Xu et al., 2022). Hal ini berdampak signifikan pada integritas struktural gigi karena hilangnya substansi gigi yang lebih banyak, sehingga menjadikan gigi lebih rapuh dan rentan terhadap fraktur (Bhuva et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan restorasi pasca perawatan endodontik yang tepat untuk mencegah fraktur gigi sekaligus mengembalikan fungsi dan estetika secara optimal (Alhamdan et al., 2024).

Restorasi pada gigi pasca perawatan endodontik dapat dilakukan secara direk maupun indirek. Restorasi direk dengan penempatan bahan restorasi langsung ke dalam kavitas gigi dalam satu kali kunjungan, sedangkan restorasi indirek memerlukan pembuatan restorasi di luar mulut, kemudian direkatkan ke gigi, dan memerlukan beberapa kali kunjungan (Alshargawi et al., 2024). Pada gigi pasca perawatan endodontik yang telah mengalami kehilangan struktural yang luas restorasi indirek menjadi pilihan seperti mahkota, inlay, dan onlay. Restorasi ini dibuat dari bahan keramik atau logam, yang menawarkan kekuatan dan keawetan yang lebih unggul dibandingkan dengan restorasi direk. Meskipun memiliki kelebihan, restorasi indirek membutuhkan preparasi dengan pengambilan jaringan yang ekstensif sehingga dapat memperlemah struktur gigi yang tersisa. Selain itu, restorasi ini memerlukan biaya lebih tinggi dan waktu perawatan lebih lama (Mannocci et al., 2022).

Oleh karena itu untuk mengatasi kekurangan dari restorasi indirek yang ditunjang dengan perkembangan teknologi material resin komposit, maka restorasi direk dengan konsep minimal invasif sebagai pilihan restorasi alternatif. Pendekatan minimal invasif ini mengurangi kebutuhan preparasi gigi yang masif, sehingga jaringan gigi sehat dapat dipertahankan (Bhuva et al., 2021). Teknik ini lebih disukai karena kemampuannya untuk mempertahankan struktur gigi asli, prosedur pembuatan sederhana dan biaya lebih murah (Alshargawi et al., 2024).

Beberapa bahan resin komposit yang direkomendasikan sebelumnya pada kavitas besar atau pada gigi pasca perawatan endodontik seperti *bulk fill fiber-reinforced* oleh komposisinya yang mengandung kombinasi *short* dan *barium borosilicate glass filler*, yang diklaim mampu meningkatkan kekuatan struktural dan kimiawi sehingga dapat mempertahankan struktur gigi asli (Farnia et al., 2021). Selain itu resin komposit jenis ini memiliki kekerasan mikro dan modulus elastisitas yang tinggi serta ketebalan hingga 4 mm yang dapat mengurangi waktu perawatan (Alshargawi et al., 2024). Namun, komposit ini memiliki kekasaran permukaan



yang lebih tinggi dibandingkan dengan resin komposit lainnya yang mempengaruhi hasil estetika dan akumulasi plak. Hal ini menjadi kelemahan dari resin komposit *bulk fill fiber-reinforced* sehingga memerlukan pelapisan resin komposit lain di permukaan restorasi untuk mencapai estetika yang optimal (Jafarnia et al., 2021).

Selain itu telah diperkenalkan bahan resin komposit baru yang unggul dalam kekuatan dan estetika yaitu resin komposit bioaktif *ceramic cluster filler* (Ghosh, 2020). Bahan restorasi ini dirancang untuk meningkatkan ketahanan fraktur gigi karena tersusun dari kelompok-kelompok partikel keramik kecil berukuran 1-20 μm yang bergabung menjadi satu, dikenal sebagai *ceramic cluster filler* (Liu et al., 2021). Menurut penelitian Wysokińska-Miszczuk et al. (2024) melaporkan bahwa penambahan *filler* keramik dapat secara signifikan meningkatkan sifat mekanik resin komposit, dengan kekerasan yang 30-43% lebih tinggi dibandingkan resin komposit nano-hibrida tradisional (Wysokińska-Miszczuk et al., 2024). Kombinasi beberapa jenis *filler* lain juga berperan penting untuk meningkatkan kekuatan mekanis dan estetika bahan resin komposit ini, diantaranya *spherical nano-filler* silikon dioksida (SiO_2 : 0,07-2,70 nm), serta *filler* resin komposit organik dan anorganik (3-5 nm) (Liu et al., 2021). Disamping itu, sifat bioaktif resin komposit ini semakin mendukung sebagai bahan yang efektif untuk restorasi pasca-endodontik karena terdapat kandungan *glass filler* dengan ukuran ± 700 nm yang mampu melepas dan *recharge* fluorida dalam material tersebut. Pelepasan *fluoride* dari bahan restorasi ini berperan penting dalam meningkatkan ketahanan fraktur melalui mekanisme remineralisasi, penguatan struktur gigi, pengurangan mikrofraktur pada margin restorasi, dan stabilisasi lingkungan asam. Selain itu, efek antibakterinya juga membantu mencegah kerusakan lebih lanjut, seperti karies sekunder yang dapat melemahkan restorasi (Kasraei et al., 2022). Hal ini menjadikan resin komposit *ceramic cluster filler* dapat menjadi pilihan unggul untuk bahan restorasi gigi pasca perawatan endodontik.

Salah satu faktor penting yang memengaruhi keberhasilan klinis bahan komposit resin terutama pada area yang menerima beban kunyah besar adalah ketahanan fraktur material tersebut. Ketahanan fraktur adalah kemampuan material untuk menahan inisiasi dan propagasi retak di bawah beban mekanis yang berulang (Escobar et al., 2023). Perambatan dan akumulasi retakan mikro akan menyebabkan frakturnya restorasi komposit (Aminoroaya et al., 2020). Karakteristik komposit resin dalam menahan fraktur sangat dipengaruhi oleh komposisi dan jenis *filler* yang digunakan. Material *fibers e-glass filler* pada resin komposit *bulk fill fiber reinforced* yang tersusun secara acak dan terputus-putus di dalam matriks resin dapat meningkatkan distribusi beban dan mencegah perambatan retakan ke struktur gigi



. Untuk susunan *filler nanocluster* pada resin komposit *ceramic* menyerap tegangan retak melalui pori-pori *cluster*, sehingga dapat menahan fraktur bahan komposit (Zhang et al., 2023). Uji ketahanan dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan kecepatan 1mm/menit. Hasil ukurnya dicatat dalam

satuan Newton dan nilainya bergantung pada kemampuan material untuk menahan perambatan retakan hingga terjadinya fraktur (Al-ibraheemi et al., 2021).

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti tertarik untuk mengetahui perbandingan ketahanan fraktur bahan resin komposit bioaktif *ceramic cluster filler* dan resin komposit *bulk fill fiber-reinforced* sebagai bahan restorasi gigi pasca perawatan endodontik. Sejauh ini belum ada penelitian yang mengevaluasi tentang hal tersebut.

1.2. Perumusan masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana perbandingan ketahanan fraktur restorasi resin komposit bioaktif *ceramic cluster filler* dan resin komposit *bulk fill fiber-reinforced* pada gigi pasca perawatan endodontik?

1.3. Tujuan dan manfaat penelitian

1.3.1 Tujuan penelitian

Mengevaluasi perbandingan ketahanan fraktur restorasi resin komposit bioaktif *ceramic cluster filler* dan resin komposit *bulk fill fiber-reinforced* pada gigi pasca perawatan endodontik.

1.3.2 Manfaat penelitian

Memberikan informasi bagi dokter gigi dan dokter gigi spesialis konservasi gigi mengenai hasil perbandingan ketahanan fraktur restorasi resin komposit bioaktif *ceramic cluster filler* dan resin komposit *bulk fill fiber-reinforced* pada gigi pasca perawatan endodontik.

1.4. Hipotesis penelitian

- H0: Tidak terdapat perbedaan ketahanan fraktur restorasi resin komposit bioaktif *ceramic cluster filler* dan resin komposit *bulk fill fiber-reinforced* pada gigi pasca perawatan endodontik.
- Ha: Terdapat perbedaan ketahanan fraktur restorasi resin komposit bioaktif *ceramic cluster filler* dan resin komposit *bulk fill fiber-reinforced* pada gigi pasca perawatan endodontik.





Optimized using
trial version
www.balesio.com

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Metode penelitian

2.1.1 Rancangan penelitian

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

2.1.2 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 endodontik. Adapun kriteria inklusi dan eksklusi sebagai berikut:

Kriteria inklusi:

- (a) Tidak ada karies, fraktur, dan *crack*
- (b) Tidak ada restorasi sebelumnya
- (c) Bersih dari jaringan lunak dan kalkulus

Kriteria eksklusi:

- (a) Gigi premolar satu rahang atas dengan saluran akar tunggal
- (b) Akar gigi premolar satu rahang atas yang bengkok $> 30^\circ$

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 = 3 kelompok penelitian

$$(n-1) \times (3-1) \geq 15$$

$$(n-1) \times 2 \geq 15$$

$$(2n-2) \geq 15$$

$$2n \geq 15+2$$

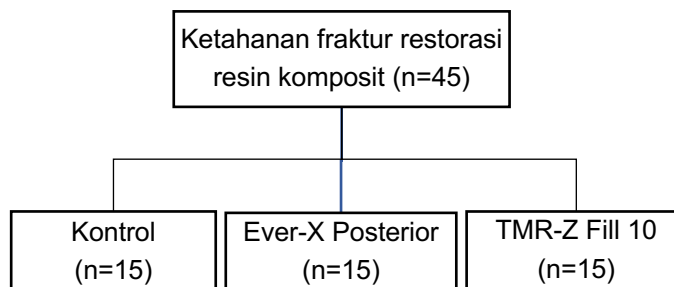
$$n \geq 8$$



di penelitian untuk setiap kelompok perlakuan berdasarkan n 8 sampel. Namun, untuk memenuhi standar jumlah sampel minimal (≥ 30), maka besar sampel untuk setiap kelompok perlakuan

ditambah menjadi 15 sampel (gambar 2.1). Jumlah keseluruhan sampel adalah 45 gigi premolar satu rahang atas yang dibagi secara acak ke dalam 3 kelompok, yaitu:

- Kelompok Kontrol: Gigi intact premolar satu rahang atas
- Kelompok TMR: Gigi premolar satu rahang atas yang telah dirawat endodontik, dipreparasi dengan desain kavitas Mesial-Oklusal-Distal (MOD), dan direstorasi direk dengan resin komposit *ceramic cluster filler* (TMR-Z Fill 10 universal)
- Kelompok EVX: Gigi premolar satu rahang atas yang telah dirawat endodontik, dipreparasi dengan desain kavitas Mesial-Oklusal-Distal (MOD), dan direstorasi direk dengan resin komposit *bulk fill fiber-reinforced* (everX Posterior)



Gambar 2.1 Diagram pengelompokan sampel penelitian

2.1.3 Identifikasi Variabel dan Definisi Operasional

Variabel penelitian:

- Variabel bebas: Resin komposit bioaktif *ceramic cluster filler* dan resin komposit *bulk fill fiber-reinforced*
- 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 6 gigi), teknik preparasi saluran akar, teknik obturasi saluran akar, bahan adhesif, teknik insersi resin komposit (*bulk system* dan *incremental*), unit *light-curing*, *mode curing*, jarak *curing* dan arah *curing*. Operator yang melakukan prosedur persiapan sampel untuk semua sampel adalah peneliti dan yang mengukur nilai ketahanan fraktur adalah laboran yang sama untuk semua sampel.



ra: Komposisi resin komposit dan proses polimerisasi asional:

osit bioaktif *ceramic cluster filler*: bahan restorasi dari resin :kable TMR-Z Fill 10 universal (Yamakin, Jepang) yang dapat ke dalam kavitas secara inkremental vertikal dengan ketebalan

- b) Resin komposit *bulk-fill fiber-reinforced*: bahan restorasi dari resin komposit ever-X Posterior (GC Corporation) yang dapat diaplikasikan dengan ketebalan 4 mm.
- c) 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).
- d) 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).

2.2 Tempat dan waktu penelitian

2.2.1 Tempat penelitian

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

2.2.2 Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April sampai dengan Mei 2025.

2.3 Bahan dan alat penelitian

2.3.1 Bahan

- a) Larutan salin (NaCl 0.9%)
- b) *Self-curing acrylic* (Hillon, England)
- c) Larutan Irigasi NaOCl 2,5% (MD Cleanser, Meta Biomed, Korea)
- d) Larutan aquades
- e) Larutan Irigasi EDTA 17% (MD Cleanser, Meta Biomed, Korea)
- f) *Gutta percha* (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Swiss)
- g) *Absorbent paper point* (Meta Biomed, Korea)
- h) Resin komposit ever-X Posterior (GC Corp, Jepang)
- i) *G-Premio Bond Universal* (GC Corp, Jepang)
- j) Resin komposit TMR-Z Fill 10 universal (Yamakin, Jepang)
- k) TMR-AQUA BOND 0 (Yamakin,, Jepang) /1 SEA



sit G-ænial Posterior (GC Corp, Jepang)

seal, Voco, Jerman)

· satu rahang atas yang sudah diekstraksi
Med, Indonesia)

OneMed, Indonesia)

2.3.2 Alat

- a) Probe periodontal (*UNC 15*)
- b) Cetakan akrilik
- c) Spuit 10cc untuk membuat cetakan akrilik
- d) Spuit 5cc untuk irigasi saluran akar
- e) *Handpiece* kecepatan tinggi (*Panamax NSK, Jepang*)
- f) *Handpiece* kecepatan rendah (*Panamax NSK, Jepang*)
- g) Semprotan udara dan air
- h) *Round dan fissure diamond bur* (*Osung, Korea*)
- i) *K-File 10,15,20,25* (*Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Swiss*)
- j) *Endoblock* (*Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Swiss*)
- k) *Protaper Next X1-X2* (*Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Swiss*)
- l) Jarum irigasi (*OneMed, Indonesia*)
- m) Endomotor (*Dentsply-Sirona, Ballaigues, Swiss*)
- n) *Fast-pack* (*Eighteeth, China*)
- o) *Agate spatel*
- p) *Bonding applicator*
- q) Sonde lurus dan sonde kait (*Schezer, Germany*)
- r) Matriks sirkumferensial (*Palodent® 360 Circumferential Matrix System, Dentsply Sirona, Ballaigues, Swiss*)
- s) *Instrument plastic filling* (*Nexton, Pakistan*)
- t) *SmartLite® Pro Modular LED Curing Light* (*Dentsply Sirona, Germany*)
- u) *Finishing diamond bur* (*Osung, Korea*)
- v) Bur Polish
- w) *Universal Testing Machine* (*Shimadzu, Jepang*)



Tabel 2.1 Bahan komposit yang digunakan dalam penelitian

Nama bahan	Tipe	Komposisi		Intensitas cahaya & lama penyinaran	Manufaktur
		Matriks resin	Filler		
TMR-Z Fill 10	Packable universal	- Uretan dimetakrilat (UDMA) - Trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA),	- <i>Ceramics Cluster Filler</i> (1~20µm) - <i>Spherical Nano-Filler</i> (SiO₂ : 20nm) - <i>Sustained Fluoride Release Filler</i> (Glass: Approx. 700 nm) - Inorganik composite filler rata-rata 55 vol% (silica, alumina, and zirconia (diameter <20µm) - Organik filler (3~5µm)	LED intensitas cahaya >1000 mW/cm ² , 10 detik	Yamakin, Jepang
everX Posterior TM	Packable universal	Bis-GMA, TEGDMA, PMMA, <i>hybrid filler fraction</i>	Campuran partikel filler dan <i>e-glass fiber. Barium glass filler</i> (total filler 76wt% dan 57 vol%). Panjang <i>fiber</i> 1-2 mm & diameter 17 µm. Kandungan <i>fiber</i> : 9%	<i>High Power LED Light</i> (>1200 mW/cm ²), 10 detik	GC Corporation, Jepang
G-aenial Posterior	Packable	Urethane Dimethacrylate (UDMA) and dimethacrylate co-monomers.	- <i>Prepolymerized Filler</i> 17 µm (400 nm Strontium Glass dan 100 nm lanthanoid fluoride) - <i>Prepolymerized Filler</i> 16 µm (16 nm silica) - <i>Inorganic Filler</i> 850 nm (Fluoroaluminosilicate) - <i>Inorganic Filler</i> 16 nm (Fumed silica)	GC G-Light (1200 mW/cm ²), 10 detik.	GC Corporation, Jepang

Tabel 2.2 Bahan adhesif dan etsa yang digunakan dalam penelitian

Nama bahan	Tipe	Komposisi		Foto inisiator & lama penyinaran	Manufaktur
		<i>Distillated monomer, carboxylic photopolymerization initiator, thickener, etc.</i>	<i>water, phosphate monomer, ethanol, etc.</i>	LED yang intensitas cahayanya 1200 mW/cm ² , ≥ 3 detik	Yamakin, Jepang
		10-MDP, 4-META, 10-MDTP, <i>metacrylate acid ester, distilled water, acetone, photoinitiator</i>		High power LED (>1200 mW/cm ² : 5 detik	GC Corporation, Jepang

Tabel 2.3 Alat *light-curing* yang digunakan dalam penelitian

Unit <i>Light-curing</i>	Sumber Cahaya dan Area curing aktif	Panjang Gelombang	Intensitas Cahaya	Manufaktur
SmartLite® Pro Modular LED Curing Light	Ujung Cure dengan desain 4-LED dan diameter curing aktif 10mm	450-480nm.	1.250 mW/cm ²	Dentsply Sirona, Germany

2.4 Pelaksanaan penelitian

2.4.1 Persiapan sampel

Sampel yang digunakan sebanyak 45 buah gigi premolar rahang atas yang telah diekstraksi untuk kebutuhan perawatan ortodonti dan dibersihkan dengan *scaler*, kemudian direndam dalam larutan *saline* 0,9%. Sampel dikelompokkan menjadi 3 kelompok dengan jumlah sampel masing-masing kelompok sebanyak 15 sampel dan ditanam dalam balok resin *self-cure* untuk memudahkan prosedur perawatan endodontik dan restorasi.

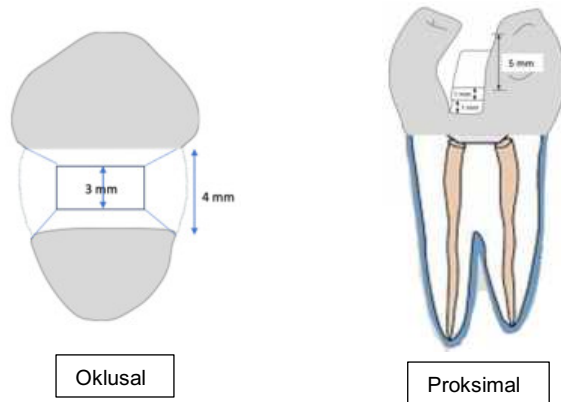
2.4.2 Prosedur perawatan endodontik

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). *Debridement* saluran akar yang telah dipreparasi dilakukan dengan cara mengirigasi saluran akar dengan 10 ml sodium hipoklorit (NaOCl) 2,5% dan 10 ml EDTA 17% (*MD Cleanser, Meta Biomed, Korea*), diikuti dengan 10 ml larutan aquades disetiap pergantian file. Saluran akar kemudian dikeringkan dengan menggunakan *paper point*. Setelah itu, saluran akar diobturasi 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 dipotong 1 mm di bawah orifisium dengan *Fast Pack* (*Eighteeth, China*). Orifisium kemudian ditutup dengan base RMGIC 1 mm.

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 adalah 6 mm kedalaman kavitas dari oklusal dimana *thmus* dan kedalaman gingival wall 1 mm. Untuk lebar kavitas 3 dari jarak *inter-cuspal* dan lebar *gingival floor* sebesar 1 mm. digunakan untuk memperkirakan dimensi kavitas selama latal dan bukal dipreparasi sejajar satu sama lain (gambar 2.2). umferensial (*Palodent® 360 Circumferential Matrix System, aigues, Swiss*) ditempatkan di setiap gigi yang telah dipreparasi.





Gambar 2.2. Preparasi kavitas MOD pada gigi premolar satu rahang atas (Al-ibraheemi et al., 2021).

2.4.4 Prosedur restorasi

Kelompok restorasi dengan resin komposit TMR-Z Fill 10:

Sampel gigi yang sudah dipreparasi pada kelompok ini kemudian dibilas dengan larutan aquades dan dikeringkan, selanjutnya diaplikasikan *self-etch adhesif* TMR-AQUA BOND 0 (Yamakin, Jepang) dan diberikan tekanan udara ringan untuk menyebarkan bahan adhesif merata di seluruh permukaan gigi dan disinari selama 10 detik. Resin komposit TMR-Z Fill 10 universal (Yamakin, Jepang) diaplikasikan secara inkremental vertikal dengan ketebalan 2 mm dan kemudian disinari selama 10 detik. Kavitas direstorasi dengan resin komposit TMR-Z Fill 10 universal hingga oklusal.

Kelompok restorasi dengan resin komposit everX Posterior:

Sampel gigi pada kelompok ini direstorasi menggunakan sistem *self-etch adhesif*, G-Premio Bond (GC Corp, Jepang) diaplikasikan pada kavitas kemudian diamkan selama 10 detik dan kemudian diberikan tekanan udara ringan untuk menyebarkan bahan adhesif merata di seluruh permukaan gigi selama 5 detik dan disinari selama 5 detik. Kavitas bagian proksimal di-*build-up* dengan komposit konvensional, G-ænial Posterior (GC Corp, Jepang) dan disinari selama 10 detik. Resin komposit everX Posterior (GC Corp, Jepang) diaplikasikan pada kavitas dengan ketebalan 4 mm. Selanjutnya diaplikasikan resin komposit G-ænial Posterior (GC Corp, Jepang) sebagai *capping layer* pada daerah oklusal dan disinari selama 10 detik.



ing dengan *handpiece* berkecepatan tinggi di bawah tekanan menggunakan *diamond finishing bur*. Selanjutnya, restorasi dipoles dengan *rubber point* menggunakan *handpiece* berkecepatan tinggi, bahan adhesif, dan unit *light-cure* yang digunakan terdapat dalam Bab 2.3. Seluruh prosedur pembuatan sampel dilakukan oleh

2.4.5 Parameter pengamatan

Prosedur uji ketahanan fraktur

Ketahanan fraktur dievaluasi dengan menempatkan sampel yang ditanam pada balok resin *self-cure* dan diletakkan di antara dua blok baja persegi panjang pada *Universal Testing Machine* (UTM). Alat penekan berbentuk bola berdiameter 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 diambil dari gaya maksimum yang dicatat dalam satuan Newton dan dilihat pada grafik layar komputer yang tersambung dengan UTM.

2.5 Analisis Data

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

