

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Ortodontik

Ortodontik adalah cabang ilmu kedokteran gigi yang mempelajari tentang pertumbuhan wajah, perkembangan gigi dan oklusi, diagnosis, dan perawatan anomali oklusal.⁷ Noyes mendefinisikan ortodontik sebagai suatu studi yang mempelajari tentang hubungan antara gigi dengan perkembangan wajah dan mengoreksi perkembangan yang menyimpang.¹³

Perbaikan maloklusi gigi dengan melakukan perawatan ortodontik dapat meningkatkan penampilan fisik dari pasien. Selain itu, perawatan ortodontik juga dapat meningkatkan kondisi kesehatan gigi dan mulut serta kesehatan secara umum pada pasien yang mengalami masalah maloklusi gigi. Masalah maloklusi gigi dapat menyebabkan beberapa gangguan seperti kesulitan dalam pengunyahan sehingga dapat berdampak pada masalah pencernaan, gangguan pada sendi temporomandibular yang dapat mengakibatkan peradangan dan nyeri pada wajah maupun leher, serta gangguan berbicara.¹¹

Alat yang digunakan dalam perawatan ortodontik terdiri dari dua jenis yaitu alat ortodontik lepasan dan alat ortodontik cekat.² Alat ortodontik cekat adalah alat yang biasanya digunakan untuk menangani kasus maloklusi yang lebih kompleks dibandingkan dengan alat ortodontik lepasan. Alat ini dipasang dengan suatu bahan perekat pada gigi sehingga tidak dapat dilepas oleh pasien sendiri.⁴ Sedangkan alat ortodontik lepasan

adalah alat yang digunakan untuk menangani kasus dengan masalah yang sederhana, hal ini dikarena perawatan dengan menggunakan alat ortodontik lepasan hanya dapat menghasilkan pergerakan gigi yang terbatas yaitu seperti gerakan *tipping*. Alat ini dapat dipasang dan dilepas oleh pasien sendiri tanpa bantuan dari operator atau ortodontis.^{14,15}

B. Alat Ortodontik Cekat

Alat ortodontik cekat merupakan alat yang tidak dapat dipasang dan dilepas sendiri oleh pasien, serta digunakan oleh pasien dengan jangka waktu yang lebih lama dibandingkan dengan alat ortodontik lepasan.¹⁶ Alat ini cocok digunakan bagi pasien yang tidak kooperatif atau pasien dengan kemampuan terbatas.¹³ Selain itu, telah dibuktikan bahwa kualitas keberhasilan perawatan dengan alat ortodontik cekat lebih baik jika dibandingkan dengan alat ortodontik lepasan. Salah satu faktor keberhasilan perawatan dengan alat ortodontik cekat tersebut tergantung pada komponennya yaitu berupa braket atau *band* yang dipasang dengan kuat pada gigi sehingga tidak kendur atau lepas selama perawatan.¹⁷

Desain alat ortodontik cekat lebih kompleks dibandingkan dengan alat ortodontik lepasan. Alat ortodontik cekat terbagi menjadi dua komponen yaitu komponen aktif dan komponen pasif. Komponen aktif adalah bagian yang berfungsi untuk memberi kekuatan, komponen ini terdiri dari *archwire*, *spring*, *elastics*, dan *separators*. Sedangkan komponen pasif terdiri dari *band*, braket, *lock pin*, *buccal tube*, *lingual attachments*, dan *ligatur wire*.⁶

C. Braket

Awalnya perawatan ortodontik cekat dilakukan menggunakan teknik perekatan braket dengan bantuan *band* pada setiap gigi. Namun, teknik ini memiliki beberapa kekurangan seperti ketidaknyamanan pasien, risiko penyakit periodontal atau cedera hebat pada jaringan gingiva, dan kurang estetik. Kekurangan dalam penggunaan *band* tersebut kemudian ditangani dengan cara merekatkan langsung braket pada permukaan gigi dengan suatu bahan perekat.^{7,18}

Braket merupakan salah satu komponen pasif dari alat ortodontik cekat yang mengantarkan gaya tertentu dari komponen aktif ke gigi.³ Pergerakan gigi akibat penggunaan alat ortodontik cekat dapat terjadi karena interaksi antara braket pada permukaan gigi dengan *archwire* yang diikatkan pada braket.⁷

Braket dapat diklasifikasikan berdasarkan teknik yang digunakan dan bahan yang digunakan dalam pembuatan. Klasifikasi braket berdasarkan teknik yang digunakan terdiri dari *Begg light wire*, *Edge-wise*, *Straight wire*, *Tip-edge*, *Lingual preadjusted edge-wise*, dan sebagainya, sedangkan klasifikasi braket berdasarkan bahan yang digunakan dalam pembuatan terdiri dari logam, plastik, keramik, titanium, dan sebagainya.¹³

Braket logam merupakan braket yang paling umum digunakan dalam perawatan ortodontik. Braket logam dalam perawatan ortodontik biasanya terbuat dari *stainless steel*, karena *stainless steel* mendekati kriteria ideal sebagai alat ortodontik cekat serta mempunyai kelebihan

yaitu tahan terhadap korosi, memiliki kekuatan tinggi, dan harga relatif lebih murah dibandingkan dengan bahan braket lainnya.¹⁹

Braket logam yang terbuat dari *stainless steel* dapat merekat secara langsung pada permukaan gigi dengan menggunakan suatu bahan perekat seperti resin komposit, semen ionomer kaca, ataupun semen ionomer kaca modifikasi resin. Akan tetapi, braket berbahan *stainless steel* tersebut umumnya direkatkan pada permukaan gigi dengan menggunakan resin komposit, sehingga basis pada braket didesain dengan pola permukaan yang mendukung *interlocking* mikromekanis supaya tercipta retensi mekanik yang baik antara basis braket dengan resin.²⁰ Meskipun resin komposit sering digunakan sebagai bahan perekat braket *stainless steel*, tetapi bahan ini tidak menghasilkan fluor sehingga kurang efektif digunakan untuk meminimalkan terjadinya demineralisasi enamel selama perawatan ortodontik. Oleh sebab itu, diperlukan bahan perekat braket lain yang dapat menghasilkan fluor seperti semen ionomer kaca modifikasi resin.^{9,10}

Perekatan antara enamel dan braket pada perawatan ortodontik cekat harus memberikan ikatan yang kuat, tetapi memungkinkan untuk dilakukan pelepasan tanpa merusak struktur gigi pada akhir perawatan ortodontik cekat.²¹ Braket memiliki tingkat kegagalan perekatan kurang lebih 6-17,6% sebelum perawatan ortodontik selesai dilakukan. Kegagalan perekatan tersebut dapat terjadi antara braket dengan bahan perekat atau

antara bahan perekat dengan permukaan gigi, atau terjadi pada keduanya.^{5,22}

D. Resin Komposit

Resin komposit merupakan salah satu bahan dalam kedokteran gigi modern yang sering digunakan untuk berbagai perawatan. Hal tersebut dikarenakan resin komposit memiliki kemampuan untuk mengikat struktur gigi yang telah dilakukan proses etsa dengan suatu bahan asam, serta memiliki sifat mekanik, dan estetik yang baik. Resin komposit dapat digunakan dalam berbagai perawatan gigi seperti restorasi sementara dan permanen, perbaikan restorasi tidak langsung, sementasi, serta sebagai bahan perekat braket ortodontik.²⁰ Resin komposit digunakan oleh para ortodontis sebagai bahan perekat braket karena penggunaannya mudah dan memiliki waktu kerja yang lebih singkat.⁹

Ada beberapa komponen yang digunakan dalam prosedur pengaplikasian resin komposit sebagai bahan perekat braket, yaitu etsa, larutan primer, dan bahan adhesive. Bahan etsa yang banyak digunakan dalam teknik ini adalah 37% asam fosfat. Proses etsa pertama kali diperkenalkan pada tahun 1955 oleh Buonocore dan kemudian diadopsi oleh Newman pada tahun 1968 sebagai salah satu tahapan dalam pengaplikasian resin komposit untuk bahan perekat braket langsung pada permukaan gigi.²³ Proses etsa tersebut dapat menciptakan ikatan mikromekanis baik antara resin dengan permukaan gigi maupun antara resin dengan braket. Pengaplikasian asam fosfat dalam proses etsa akan

menghasilkan kekasaran pada permukaan gigi, hal ini dikarenakan terjadi pelarutan dari kristal hidroksiapatit yang menyebabkan terciptanya mikroporositas pada permukaan gigi. Hilangnya enamel selama proses etsa diperkirakan mencapai 10 μm hingga 30 μm .^{24,25}

Proses etsa memiliki beberapa prosedur yang terdiri dari pengaplikasian bahan etsa pada permukaan gigi, pembilasan secara menyeluruh dengan menggunakan air, dan melakukan pengeringan hingga permukaan gigi berwarna putih seperti salju. Setelah proses etsa dilakukan, kemudian permukaan gigi diaplikasikan larutan primer sebagai lapisan perantara. Berikutnya, tahap yang terakhir yaitu dilakukan pemberian bahan adhesive berupa resin komposit yang nantinya disinari menggunakan *light-curing*.²⁶

Komponen penting dari resin komposit terdiri dari matriks resin, *filler*, dan *coupling agent*. Selain itu juga memiliki komponen tambahan seperti aktivator-inisiator yang digunakan untuk mengubah pasta resin yang lunak menjadi keras dan tahan lama, inhibitor polimerisasi untuk memperpanjang masa penyimpanan dan meningkatkan waktu kerja untuk resin yang diaktifkan secara kimia, serta komponen lain yang berfungsi untuk meningkatkan kinerja, penampilan, dan daya tahan.²⁷

a. Matriks resin

Campuran monomer yang digunakan dalam resin komposit adalah bis-GMA (*Bisphenol-A-glycidyl methacrylate*), UDMA (*urethane dimethacrylate*), bis-EMA (*Bisphenol-A-polyethylene glycol*

diether dimetacrylate), and TEGDMA (*Triethylene glycol dimethacrylate*). Bis-GMA, UDMA, dan bis-EMA adalah monomer yang umum digunakan, sedangkan TEGDMA biasanya ditambahkan untuk mengontrol viskositas. Resin komposit harus dicampur dengan monomer yang berbeda supaya dapat mengoptimalkan sifat-sifatnya.^{28,29}

b. *Filler*

Filler atau bahan pengisi memiliki peran penting dalam resin komposit. Penambahan *filler* ke dalam matriks resin bertujuan untuk meningkatkan sifat mekaniknya. *Filler* dapat memberikan penguatan material matriks, mengurangi *shrinkage*, mengurangi keausan, mengurangi ekspansi dan kontraksi termal, dan mengurangi penyerapan air.^{28,29} *Filler* yang biasa digunakan yaitu *quartz* dan *fused silica*, namun bahan lain seperti alumina dan magnesium juga dapat dipakai sebagai *filler*.³⁰

c. *Coupling Agent*

Coupling agent berfungsi sebagai pengikat antara partikel *filler* dan matriks resin sehingga dapat mengurangi keausan. Bahan *coupling agent* yang umum digunakan adalah *organosilanes* seperti *3-methacryloxypropyltrimethoxysilane*).²⁸

E. Semen Ionomer Kaca Modifikasi Resin

Semen ionomer kaca yang memiliki kemampuan untuk melepaskan fluor mulai diperkenalkan dalam bidang kedokteran gigi sebagai bahan

untuk restorasi gigi pada tahun 1975. Selain digunakan untuk restorasi gigi, semen ionomer kaca juga dapat digunakan sebagai bahan perekat ortodontik. Namun, ikatan ortodontik dengan bahan perekat ini tergolong lemah. Penggunaan semen ionomer kaca sebagai bahan perekat braket kemudian diperkuat dengan menambahkan resin. Semen ionomer kaca dikombinasikan dengan kurang lebih 4% hingga 6% resin yang dapat dipolimerisasi. Modifikasi dari bahan tersebut diperkenalkan pada tahun 1995 dan dikenal dengan nama semen ionomer kaca modifikasi resin.^{31,32}

Resin komposit yang ditambahkan dalam semen ionomer kaca ini memiliki tujuan untuk meningkatkan kekuatan mekanik dan estetik.³³ Sedangkan kandungan semen ionomer kaca dalam bahan tersebut memiliki kemampuan untuk melepaskan fluor yang dapat digunakan untuk menurunkan terjadinya demineralisasi enamel selama perawatan ortodontik cekat.³⁴ Pelepasan fluor memasok ion fluor yang dapat mengubah kristal hidroksiapatit menjadi fluorohidroksiapatit, sehingga enamel akan menjadi lebih tahan terhadap asam dan terjadinya karies.³⁵

Semen ionomer kaca modifikasi resin terdiri dari bubuk dan cairan. Bubuk semen ionomer kaca modifikasi resin berisi *radiopaque fluoroaluminosilicate glass*, sedangkan komposisi cairannya berbeda-beda setiap produk, tetapi umumnya adalah larutan monomer hidrofilik seperti *hydroxyethyl methacrylate* (HEMA), UDMA, *polyacrylic acid* atau *copolymer*.³⁶

Bahan ini memiliki sifat penanganan yang sama dengan resin yaitu dapat dipolimerisasi. Akan tetapi, apabila dibandingkan dengan resin, semen ionomer kaca modifikasi resin memiliki beberapa kelebihan seperti adanya kandungan fluor yang lebih tinggi serta bahan ini lebih mudah untuk dihilangkan tanpa merusak permukaan enamel selama *debonding*. Selain itu, semen ionomer kaca modifikasi resin lebih menguntungkan dibanding resin ketika digunakan pada permukaan gigi yang sulit dikeringkan seperti pada gigi kaninus impaksi, gigi molar kedua bawah, dan permukaan gigi bagian palatal atau lingual.³⁷ Hal tersebut terjadi karena adanya kandungan semen ionomer kaca berupa *hydroxyethyl methacrylate* (HEMA) yang merupakan bahan hidrofilik dan telah dilaporkan dalam beberapa literatur bahwa kekuatan ikatnya akan lebih besar ketika permukaan enamel dibiarkan dalam kondisi basah. Oleh karena itu, semen ionomer kaca modifikasi resin berguna untuk kondisi di mana kontrol kelembapan sulit dilakukan.^{24,31}

F. Kekuatan Geser

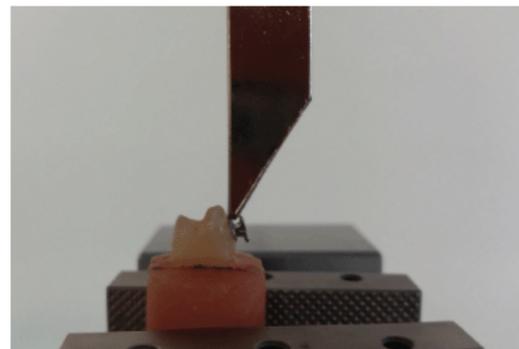
Kemampuan perekatan dari bahan perekat braket merupakan suatu hal yang harus diperhatikan. Supaya bahan perekat layak untuk digunakan, maka bahan perekat tersebut perlu dilakukan uji kelayakan terlebih dahulu. Salah satu uji kelayakan bahan perekat braket yang biasa dilakukan oleh para peneliti yaitu dengan melakukan pengukuran kekuatan geser.³⁸

Pengukuran kekuatan geser braket ortodontik biasanya dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine*.³⁹ Cara kerja mesin ini

adalah dengan meletakkan spesimen pada bagian bawah mesin atau rahang bawah mesin. Spesimen yang digunakan yaitu berupa gigi pasca ekstraksi yang telah dipasang braket. Sebelum dilakukan pengukuran kekuatan geser, gigi dengan braket tersebut ditanam pada akrilik. Setelah itu, spesimen diberikan beban tekan ke arah oklusogingival pada antarmuka braket-gigi dengan kecepatan *crosshead* antara 0,5 dan 1 mm/menit hingga perekat rusak. Beban maksimum yang diperlukan untuk *debonding* atau hingga perekat rusak diukur dalam Newton dan kemudian diubah menjadi Megapascals (MPa) sebagai rasio Newton terhadap luas permukaan braket.^{40,41}



Gambar 1. Universal Testing Machine³⁷



Gambar 2. Pengukuran kekuatan geser³⁵

Tidak terdapat pedoman yang jelas mengenai berapa batas kekuatan geser yang optimal dalam beberapa literatur, tetapi pada

kenyataannya suatu bahan perekat braket yang baik harus memungkinkan adanya adhesi yang baik supaya dapat bertahan ketika terjadi gaya pengunyahan dan setidaknya memiliki kekuatan geser minimal yang diterima secara klinis yaitu berkisar antara 5,9 MPa hingga 7,8 Mpa. Akan tetapi, kekuatan geser tidak boleh terlalu kuat untuk menghindari terjadinya kerusakan enamel selama *debonding*, maka bahan perekat braket ideal harus memiliki kekuatan geser yang masuk dalam interval antara 5 MPa hingga 50 MPa.^{42,43}

Beberapa penelitian mengenai perbedaan kekuatan geser braket ortodontik dengan bahan perekat resin komposit dan semen ionomer kaca modifikasi resin telah dilakukan oleh para peneliti. Penelitian yang pernah dilakukan oleh para peneliti tersebut menunjukkan bahwa resin komposit dan semen ionomer kaca modifikasi resin memiliki kekuatan geser yang cukup memadai secara klinis.

Tabel 1. Perbedaan kekuatan geser resin komposit dan semen ionomer kaca modifikasi resin

No.	Nama Peneliti	Dimensi Instrumen Penelitian	Jumlah Sampel	Hasil
1.	Marisnawati dan Sutjiati (2012)	<i>Universal Testing Machine (Authograph Shimadzu, Ag-10 TE Japan)</i>	20 gigi premolar	Kekuatan geser braket dengan resin komposit lebih besar dibandingkan dengan semen ionomer kaca modifikasi resin, dengan rata-rata kekuatan geser resin komposit 143,1500 Kg/cm ² atau

				14,31 MPa dan semen ionomer kaca modifikasi resin 80,0000 Kg/cm ² atau 8 MPa
2.	Rosolen dkk. (2015)	<i>Universal Testing Machine</i> (Emic DL2000, São José dos Pinhais, Brazil)	80 gigi premolar	Kekuatan geser braket dengan resin komposit lebih besar dibandingkan dengan semen ionomer kaca modifikasi resin, dengan rata-rata kekuatan geser resin komposit 18,37 MPa dan semen ionomer kaca modifikasi resin 15,30 MPa
3.	Jurišić dkk. (2015)	<i>Digital Shredding Machine</i> (Zwick nr: 112627, Ulm, Germany)	80 gigi premolar	Kekuatan geser braket dengan resin komposit lebih besar dibandingkan dengan semen ionomer kaca modifikasi resin, dengan rata-rata kekuatan geser resin komposit 11,60 MPa dan semen ionomer kaca modifikasi resin 7,25 MPa
4.	Dandachli (2016)	<i>Instron Universal Testing Machine</i> (model 6025, Instron, UK)	80 gigi premolar	Kekuatan geser braket dengan resin komposit lebih besar dibandingkan dengan semen ionomer kaca modifikasi resin, dengan rata-rata kekuatan

				geser resin komposit (SEP) 10,01 MPa, resin komposit (LC) 8,59 MPa dan semen ionomer kaca modifikasi resin 5,08 MPa
5.	Fan dan Chen (2017)	<i>Universal Testing Machine</i> (AG-X plus, SHIMADZU, Japan)	300 gigi premolar	<ul style="list-style-type: none"> • Kekuatan geser braket akan meningkat jika dilakukan pengetsaan pada permukaan gigi • Kekuatan geser braket dengan semen ionomer kaca modifikasi resin akan meningkat jika dilakukan pengetsaan yang diikuti dengan melembabkan permukaan gigi dengan air • Kekuatan geser braket dengan resin komposit dan semen ionomer kaca modifikasi resin memiliki hasil yang sama jika sebelum pengamplikasian semen ionomer kaca modifikasi resin, permukaan gigi terlebih dahulu dietsa dan dalam kondisi lembab, hasil rata-rata

				<p>kekuatan geser yang didapatkan sebesar 15,32 MPa. Akan tetapi, kekuatan geser dengan semen ionomer kaca modifikasi resin akan menurun jika permukaan gigi tanpa pengetsaan dan kering yaitu didapatkan hasil 6,97 MPa</p>
6.	Salama dkk. (2018)	<p><i>Universal Testing Machine</i> (Instron®, Illinois Tool Works Inc., Norwood, MA, USA)</p>	40 gigi premolar	<ul style="list-style-type: none"> • Kekuatan geser braket dengan resin komposit lebih besar dibandingkan dengan semen ionomer kaca modifikasi resin, dengan rata-rata kekuatan geser resin komposit 28,83 MPa dan semen ionomer kaca modifikasi resin 19,53 MPa • Kekuatan geser braket dengan semen ionomer kaca modifikasi resin akan meningkat ketika status braket <i>rebounded</i>
7.	Evangelina dkk. (2019)	<p><i>Universal Strength Tester Autograph</i> Shimadzu Corp.</p>	42 gigi premolar	<ul style="list-style-type: none"> • Apabila permukaan gigi dalam kondisi kering maupun telah

				<p>terkontaminasi saliva, kekuatan geser braket dengan semen ionomer kaca modifikasi resin lebih besar dibandingkan dengan resin komposit. Rata-rata kekuatan geser semen ionomer kaca modifikasi resin 10,79 MPa dan resin komposit 8,60 MPa dalam kondisi kering. Sedangkan jika dalam kondisi telah terkontaminasi saliva, maka didapatkan rata-rata kekuatan geser geser semen ionomer kaca modifikasi resin 9,54 MPa dan resin komposit 8,16 MPa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apabila permukaan gigi dalam kondis telah terkontaminasi saliva dan darah, kekuatan geser braket dengan resin komposit lebih besar dibandingkan dengan semen ionomer kaca modifikasi resin, dengan rata-rata
--	--	--	--	--

				kekuatan geser resin komposit 7,74 MPa dan semen ionomer kaca modifikasi resin 5,87 MPa
8.	Ghoubril dkk. (2020)	<i>Instron Universal Testing Machine</i>	120 gigi premolar	Kekuatan geser braket dengan resin komposit lebih besar dibandingkan dengan semen ionomer kaca modifikasi resin, dengan rata-rata kekuatan geser resin komposit 8,93 MPa dan semen ionomer kaca modifikasi resin 6,88 MPa

Terdapat beberapa variabel yang secara signifikan dapat berpengaruh terhadap kekuatan geser braket ortodontik yaitu posisi gaya, kondisi permukaan gigi, area braket, material dan struktur permukaan braket, jenis bahan perekat yang digunakan, serta lama waktu penyinaran. Semakin lama waktu penyinaran yang diberikan akan menyebabkan peningkatan pada kekuatan geser pada braket. Para peneliti menemukan bahwa setiap detik yang ditambahkan dalam waktu penyinaran dapat meningkatkan kekuatan ikat geser *in vitro* sebesar 0,077 MPa. Akan tetapi para peneliti tidak dapat menemukan lama waktu penyinaran yang optimal, mereka biasanya menggunakan lama waktu penyinaran sesuai dengan ketentuan pabrik dari bahan perekat yang digunakan.^{12,46}