

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Maloklusi merupakan kelainan pada hubungan gigi geligi yang menyimpang dari oklusi normal, yang dapat menyebabkan gangguan pada fungsi pengunyahan. Ortodonti adalah cabang ilmu kedokteran gigi yang berkaitan dengan kelainan perkembangan dan posisi gigi serta rahang, estetika wajah, kesehatan mulut, dan kesejahteraan psikologis individu. Perawatan ortodonti bertujuan untuk memperbaiki susunan gigi, meningkatkan estetika wajah, serta mencapai oklusi yang stabil dan fungsi gigi yang optimal.

Peranti ortodonti terdiri dari peranti lepasan (*removable appliance*), peranti fungsional (*functional appliance*), dan peranti cekat (*fixed appliance*). Peranti ortodonti lepasan dapat dilepas dan dipasang sendiri oleh pasien, berfungsi dalam menangani maloklusi sederhana, serta lebih mudah dibersihkan. Sementara itu, peranti cekat dipasang secara permanen pada gigi pasien dan tidak dapat dilepas hingga perawatan selesai. Peranti ini digunakan untuk menangani maloklusi kompleks, tetapi memiliki kekurangan, yaitu sulitnya menjaga kebersihan mulut selama perawatan berlangsung (Syahrul dkk. 2023). Meningkatnya minat terhadap perawatan ortodonti dipengaruhi oleh tingginya angka prevalensi maloklusi, yang mencapai 80% dari total populasi di Indonesia.

Biomekanika ortodonti merupakan cabang ilmu yang mempelajari efek biologis pada jaringan pendukung gigi akibat penerapan gaya mekanik dalam

perawatan ortodonti, serta berbagai faktor yang berkaitan dengan kekuatan mekanik tersebut. Salah satu jenis pergerakan gigi dalam ortodonti adalah pergerakan *bodily*. Pergerakan *bodily* merupakan perpindahan gigi secara translasi menyeluruh ke posisi baru, di mana seluruh bagian gigi bergerak dalam jumlah yang sama. Agar pergerakan ini optimal, tekanan harus diberikan secara merata pada area mahkota gigi yang luas. Pergerakan *bodily* menyebabkan resorpsi tulang pada area yang menerima tekanan dan pembentukan tulang pada area tarikan. Selain itu, penutupan ruang dengan pergerakan *bodily* pada gigi dengan poket infraboni dapat mendorong proses penyembuhan dan regenerasi jaringan periodontal.

Pergerakan gigi dalam perawatan ortodonti konvensional terjadi akibat tekanan yang diberikan pada ligamen periodontal. Tekanan ini memicu perubahan histologis dan biomolekuler pada jaringan periodontal, yang selanjutnya mengaktifkan proses resorpsi dan aposisi tulang alveolar. Peralatan ortodonti digunakan untuk memperbaiki maloklusi, yaitu kelainan pada susunan gigi, hubungan rahang, pertumbuhan tulang wajah, serta jaringan lunak di sekitar mulut.

Salah satu komponen penting dalam perawatan ortodonti cekat adalah braket, yang berfungsi sebagai penyalur gaya dari kawat ke gigi, sehingga memungkinkan terjadinya pergerakan gigi. Material braket harus memiliki sifat mekanik yang baik agar mampu menahan deformasi akibat gaya yang diberikan oleh kawat ortodonti. Sifat mekanik braket ini sangat dipengaruhi oleh komposisi logam *stainless steel* yang digunakan serta proses pembuatannya (Proffit dkk. 2007).

Bahan perekat yang digunakan untuk melekatkan braket harus memiliki kekuatan optimal, tidak hanya untuk menahan gaya yang menggerakkan gigi tetapi juga kekuatan geser yang bekerja pada peranti cekat selama perawatan berlangsung. Meskipun bahan perekat merupakan komponen penting dalam perawatan ortodonti, namun secara struktural, komponen ini cenderung menjadi yang terlemah. Oleh karena itu, kemampuan perekat harus diuji secara klinis dengan cermat agar memenuhi persyaratan tertentu sebelum dapat digunakan (Marisnawati dkk. 2012).

Kegagalan perekatan atau lepasnya braket dapat menghambat jalannya perawatan ortodonti. Kegagalan ini terjadi apabila gaya yang diterima oleh braket melebihi kekuatan adhesi perekat, sehingga diperlukan bahan perekat dengan daya rekat yang optimal untuk memastikan stabilitas braket selama perawatan berlangsung (Uysal dkk. 2014).

Perlekatan braket pada gigi dilakukan dengan berbagai jenis bahan perekat yang tersedia di pasaran, salah satunya adalah *glass ionomer cement*. *Glass Ionomer Cement* (GIC) diperkenalkan pada tahun 1971 oleh Wilson dan Kent. Bahan ini memperoleh adhesi melalui interaksi molekul ionik atau polar dengan enamel gigi, dentin, serta baja tahan karat, sehingga cocok digunakan sebagai semen luting ortodonti. GIC membentuk ikatan yang lebih kuat dengan enamel dibandingkan dengan baja tahan karat, yang menyebabkan kegagalan ikatan umumnya terjadi pada antarmuka band-semen, baik dalam uji *in vitro* maupun *in vivo*. Hal ini mengakibatkan lapisan semen tetap berada di atas enamel, yang berperan sebagai pelindung untuk mencegah demineralisasi di bawah pita yang longgar. Selain itu, GIC memiliki aktivitas antibakteri serta

kemampuan melepaskan fluorida, yang memberikan manfaat klinis dalam mencegah demineralisasi enamel selama perawatan ortodonti. Bahan ini juga menunjukkan potensi untuk remineralisasi enamel.

Sisa adhesif yang tertinggal setelah perawatan ortodonti dapat memengaruhi kesehatan gigi dan jaringan periodontal. Material sementasi seperti GIC memiliki karakteristik adhesi serta potensi sisa adhesif yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sisa adhesif yang tertinggal pada gigi setelah uji tarik perlekatan GIC, setelah perendaman dalam saliva buatan selama 24 jam serta pergerakan *bodily*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan diantaranya:

Bagaimana jumlah dan distribusi sisa adhesif sementasi *glass ionomer cement* yang ditinggalkan pada gigi dan braket pada pergerakan *bodily* setelah perendaman dalam saliva buatan selama 24 jam.

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sisa adhesif sementasi *glass ionomer cement* yang ditinggalkan pada gigi dan braket pada pergerakan *bodily* setelah perendaman dalam saliva buatan selama 24 jam.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Untuk mengetahui adhesif sementasi *glass ionomer cement* yang tertinggal di gigi dan braket pada gerakan *bodily* setelah perendaman dalam saliva buatan selama 24 jam.
2. Untuk membandingkan distribusi sisa adhesif sementasi *glass ionomer cement* antara permukaan gigi dan braket pada gerakan *bodily* setelah perendaman dalam saliva buatan selama 24 jam.

1.4. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, maka manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1.4.1. Manfaat Akademik

Untuk memberikan informasi ilmiah sebagai landasan penelitian lain mengenai evaluasi sisa adhesif *glass ionomer cement* pada gigi dan braket pada gerakan *bodily* setelah perendaman dalam saliva buatan selama 24 jam.

1.4.2. Manfaat Praktis

Penelitian ini memberikan informasi kepada dokter gigi dan mahasiswa kedokteran gigi dalam memilih bahan adhesif yang memiliki tingkat sisa adhesif minimal namun tetap memiliki kekuatan lekat yang mencukupi, sehingga memudahkan proses debonding dan meminimalkan kerusakan enamel.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sifat Adhesif Sementasi dalam Perawatan Ortodonti Cekat

Adhesif sangat penting dalam perawatan ortodonti yaitu untuk melekatkan antara gigi dengan bracket. Perlekatan braket ortodonti sudah mulai digunakan di bidang ortodonti dengan menggunakan teknik etsa asam enamel. Pada waktu itu, hanya bahan auto-polimerisasi yang tersedia. *Light cure* pertama diperkenalkan pada tahun 1979. Proses *setting* semen pada penggunaan *light cure* dapat berlangsung di bawah braket oleh pencahayaan langsung pada permukaan gigi. Penggunaan *light cure* mempunyai beberapa keuntungan, salah satunya adalah ortodontis dapat mempunyai waktu yang cukup untuk memposisikan braket pada permukaan enamel, keakuratan penempatan posisi braket dan memindahkan kelebihan bahan (Singh 2007).

Pada dasarnya adhesif terdiri dari resin yang tidak terisi atau sedikit terisi, komposisinya mirip dengan resin pada komposit namun terdapat tambahan pada molekul hidrofiliknya. Adhesif dioleskan pada permukaan dentin yang telah disiapkan dan ditipiskan ke lapisan yang sama dengan sikat; perekat ini melapisi dan juga menembus sebagian permukaan dentin. Adhesif kemudian dikeringkan dengan cahaya selama kurang lebih 10 detik. Adhesif ini berikatan dengan dentin, sebagian besar dengan mengelilingi fibril kolagen yang terbuka dan secara mekanis mengunci permukaan dentin yang kasar setelah monomer perekat menjadi polimerik. Daerah antarmuka ini telah terbukti lebih tahan terhadap demineralisasi oleh asam, menunjukkan bahwa zona dentin yang

diperkuat resin terbentuk untuk menghubungkan resin dengan struktur gigi. Zona ini disebut sebagai *hybrid layer* (Singh 2007).

Syarat-syarat ideal dari adhesif dalam bidang ortodonti antara lain:

- a. Untuk memiliki sifat aliran yang sesuai
- b. Penetrasi tanpa pergeseran atau braket yang tidak semestinya melayang; karakteristik dasar ini sering terjadi diekspresikan sebagai thixotropy
- c. Memberikan kekuatan ikatan yang tinggi pada email dan dentin
- d. Memberikan ikatan yang langsung dan tahan lama
- e. Mencegah masuknya bakteri
- f. Aman digunakan, biokompatibel
- g. Mudah digunakan
- h. Untuk meminimalkan penyusutan pengatur, keseluruhan kecenderungan menyerap air harus minimum
- i. Estetika
- j. Stabilitas warna

Perkembangan bahan adhesif dalam kedokteran gigi menunjukkan evolusi yang signifikan dari generasi ke generasi, seiring dengan peningkatan kekuatan ikat dan kemudahan aplikasi klinis (Fibryanto 2020).

- a. Generasi pertama: bahan adhesif dikembangkan pada akhir tahun 1950, menggunakan NPG-GMA yang membentuk ikatan kimia dengan kalsium. Namun, kekuatan ikatnya masih rendah yaitu sekitar 2–3 MPa, dan tidak efektif untuk restorasi klinis, khususnya pada lesi servikal non-karies.
- b. Generasi kedua: menggunakan material ester fosfat seperti HEMA dan *phenyl P*. Mekanisme ikatannya melalui interaksi ionik dengan *smear layer*,

namun tetap menghasilkan kekuatan ikat yang rendah yaitu sekitar 1–5 MPa dan penetrasi yang terbatas.

- c. Generasi ketiga: mengadopsi pendekatan modifikasi *smear layer* menggunakan monomer asam seperti *phenyl P* dan PENTA. Meskipun uji laboratorium menunjukkan hasil baik, uji klinis belum memuaskan. EDTA mulai digunakan, tetapi hanya efektif pada zat anorganik *smear layer*.
- d. Generasi keempat: memperkenalkan teknik *etch-and-rinse* atau *total-etch*, menggunakan asam fosfat untuk menghilangkan *smear layer*. Proses ini terdiri atas tiga tahap: etsa, primer, dan bonding. Kekuatan ikat meningkat signifikan yaitu sekitar 17–30 MPa dan teknik ini terbukti efektif secara *in vitro* dan *in vivo*.
- e. Generasi kelima: menyederhanakan teknik bonding menjadi dua tahap yaitu *etch-and-rinse* dalam satu botol. Primer dan bonding digabung, tetapi etsa tetap dilakukan secara terpisah. Contoh produk: *Adper Single Bond Plus*, *XP Bond*.
- f. Generasi keenam: mengembangkan sistem *self-etch* dua tahap (*self-etching primer*), menggabungkan etsa dan primer dalam satu langkah. Sistem ini mengurangi risiko *over-wetting* dan *over-drying*, namun rentan terhadap degradasi hidrolitik karena sifat hidrofilik monomernya.
- g. Generasi ketujuh: mengusung konsep "*all-in-one*", yaitu penggabungan etsa, primer, dan bonding dalam satu larutan. Aplikasinya lebih praktis, namun bersifat semi-permiabel sehingga mudah mengalami degradasi.

- h. Generasi kedelapan: mengadopsi teknologi nano dengan penambahan nanofiller dalam sistem adhesif, memperkuat ikatan dan memperpanjang masa simpan. Contoh: *Futurabond DC*.
- i. Generasi adhesif universal: merupakan inovasi terbaru dengan sistem multi-mode yang dapat digunakan dalam teknik *etch-and-rinse*, *self-etch*, atau *selective etch*. Kandungan MDP, HEMA, dan Bis-GMA memungkinkan fleksibilitas aplikasi baik pada restorasi langsung maupun tidak langsung, serta pada berbagai substrat seperti keramik dan logam.

2.2. Glass Ionomer Cement (GIC)

Glass ionomer cement (GIC) memanfaatkan pengkelat karboksil pada email, dentin, dan sebagian besar logam dengan menggunakan berbagai campuran yang mengandung karboksil asam (asam polialkenoat) yang direaksikan dengan aluminosilikat kaca. Kaca aluminosilikat menyatu dengan adanya fluks *fluoride* menghasilkan komposisi basa yang melepaskan ion *fluoride* ketika bereaksi dengan asam. Pelepasan *fluoride* telah diukur selama pengaturan GIC reaksi dan setelah pengaturan. *Fluoride* tambahan adalah dilepaskan ketika GIC terpapar dengan asam. Penghambatan karies telah dikaitkan dengan tingkat rendah yang berkelanjutan pelepasan *fluoride* dari GIC. Lebih jauh lagi, GIC mengandung fase hidrogel, yang mendukung pergerakan kalsium, strontium, dan ion-ion lain yang terkait dengan remineralisasi email dan dentin. Fase hidrogel GIC dianggap bertanggung jawab atas penyerapan dan pelepasan kembali *fluoride* lingkungan yang ditambahkan dari topikal gel, bilasan, dan pasta gigi. GIC memiliki kekuatan

ikat yang lebih tinggi pada enamel, dentin, maupun logam jika dibandingkan dengan semen polikarboksilat (Ewoldsen & Demke 2001).

GIC pertama kali diperkenalkan pada tahun 1972 sebagai bahan luting dan restoratif langsung. Bahan ini memiliki keunggulan berupa kemampuan membentuk ikatan kimia terhadap enamel, dentin, serta logam seperti baja tahan karat, serta berfungsi melepaskan ion *fluoride* yang berperan dalam pencegahan karies.

Pada perkembangannya, GIC generasi kedua diformulasikan dengan bentuk asam yang dibekukan-kering atau kopolimer bubuk dari asam akrilik dan asam maleat. Inovasi lebih lanjut menghasilkan *resin modified glass ionomer cement* (RMGIC) yang bersifat *dual-cure* dan memiliki sifat mekanis lebih baik. RMGIC merupakan pengembangan dari *Glass Ionomer Cement* (GIC) konvensional dengan penambahan resin seperti HEMA, yang meningkatkan kekuatan mekanis, ketahanan terhadap kelembapan, serta mempercepat proses pengerasan melalui mekanisme *dual-cure*.

Dalam bidang ortodonti, GIC dan RMGIC dipilih sebagai bahan penyemenan karena kekuatannya yang lebih tinggi dibandingkan semen seng fosfat dan polikarboksilat. Selain itu, bahan ini menunjukkan adhesi yang lebih baik terhadap enamel dan logam serta mampu meminimalisir demineralisasi pada akhir perawatan ortodonti. RMGIC banyak digunakan sebagai bahan sementasi karena memiliki adhesi baik terhadap enamel dan logam, serta mampu melepaskan *fluoride* yang membantu mencegah demineralisasi di sekitar braket.

Namun, pemanfaatan GIC sebagai bahan perekat langsung untuk braket masih terbatas, dengan hanya sekitar 7% dokter gigi yang menggunakannya. Beberapa studi menunjukkan bahwa RMGIC dapat digunakan untuk bonding *buccal tubes* dengan hasil klinis yang cukup memadai terkait kekuatan ikat dan insidensi demineralisasi. Perlakuan awal dengan larutan asam poliakrilat direkomendasikan untuk meningkatkan ikatan kimia antara enamel dan GIC. Meskipun demikian, ketika kekuatan ikatan menjadi prioritas utama, bahan resin komposit tetap lebih direkomendasikan. Penggunaan GIC pada pasien ortodonti dengan risiko karies tinggi dianggap bermanfaat karena dapat memberikan perlindungan preventif dan berpotensi remineralisasi lesi demineralisasi awal (Graber 2017).

GIC menjadi lebih populer di bidang ortodonti pada akhir tahun 1980 karena beberapa alasan berikut (Singh 2007) :

- a. Tingkat kelangsungan hidup yang lebih tinggi, dibandingkan dengan semen seng fosfat
- b. Potensi pelepasan *fluoride*
- c. Mereka adalah perekat diri untuk enamel dan dentin, oleh karena itu disukai karena saat mengikat kurung dengan mereka, tidak perlu etsa enamel, yang menyebabkan hilangnya mineral yang terjadi selama debonding ketika resin adhesif digunakan.
- d. Koefisien muai panas mirip dengan dentin
- e. Tidak ada panas yang dihasilkan selama pengaturan
- f. Biokompatibilitas di lingkungan *host*.

Ada beberapa kerugian menggunakan GIC dalam ortodonti (Singh 2007):

- a. Sensitivitas awal ionomer kaca terhadap kelembapan dan dehidrasi
- b. Setting time yang lama
- c. Perkembangan kekuatan yang lambat
- d. Waktu kerja yang singkat dan tidak ada set perintah
- e. Ketangguhan patah yang rendah
- f. Ketahanan aus yang rendah.

GIC dapat diklasifikasikan berdasarkan aplikasinya sebagai berikut:

- a. Tipe I: Semen luting yang digunakan untuk sementasi mahkota dan jembatan
- b. Tipe II: Semen restoratif yang digunakan untuk tambalan estetik
- c. Tipe III: GIC digunakan sebagai pelapis dan dasar
- d. Tipe IV: GIC digunakan sebagai sealant pit dan fissure
- e. Tipe V: GIC digunakan untuk sementasi ortodonti
- f. Tipe VI: GIC digunakan untuk membangun inti pada gigi yang sangat rusak
- g. Tipe VII: GIC yang diawetkan dengan cahaya dan melepaskan *fluoride*
- h. Tipe VIII: GIC untuk perawatan restoratif atraumatik
- i. Tipe IX: GIC digunakan untuk restorasi anak-anak dan orang dewasa yang lebih tua

2.3. Saliva Buatan

Saliva merupakan cairan kompleks yang disekresikan oleh tiga kelenjar saliva dan berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem rongga

mulut. Sekitar 93% dari total volume saliva diproduksi oleh kelenjar saliva mayor, yaitu kelenjar parotid, submandibularis dan sublingual. Sementara itu, sekitar 7% berasal dari kelenjar saliva minor seperti kelenjar bukal, labial, palatinal, glossopalatinal, dan lingual. Saliva memiliki peran penting dalam mencegah terjadinya karies gigi. Penurunan volume saliva akan dapat menyebabkan karies karena berkurangnya efek pembersihan alami pada permukaan gigi. Selain itu saliva memiliki kapasitas *buffer* untuk menetralkan asam yang dihasilkan dari fermentasi karbohidrat oleh bakteri mulut. Asam yang terbentuk dapat menurunkan pH saliva, sehingga mempengaruhi kondisi keasaman dalam rongga mulut.

Saliva terdiri dari komponen anorganik dan organik, berikut ini merupakan komponen anorganik dari saliva :

- a. Natrium (Na^+) : Menjaga keseimbangan cairan dan membantu transmisi impuls saraf.
- b. Potasium (K^+) : Menjaga tekanan osmotik, penting untuk kerja otot dan saraf.
- c. Klorida (Cl^-) : Membantu pembentukan asam hipoklorit oleh sel imun, mendukung fungsi antimikroba.
- d. Bikarbonat (HCO_3^-) : Menetralkan asam dari makanan atau bakteri, saliva membantu menjaga pH mulut tetap netral.
- e. Kalsium (Ca^{2+}) : Membantu remineralisasi enamel gigi (mencegah gigi berlubang).
- f. Magnesium (Mg^{2+}) : Berperan dalam stabilitas enzim dan metabolisme energi.

g. Fosfat (HPO_4^{2-} / H_2PO_4^-) : Bersama kalsium, bantu mineralisasi gigi & penyangga pH saliva.

h. Fluor (F^-) : Memperkuat enamel gigi, mencegah demineralisasi & karies.

Komponen Organik dari saliva adalah sebagai berikut :

a. Urea : Di pecah menjadi amonia, senyawa tersebut membantu menjaga pH mulut tetap netral.

b. Asam amino : Bahan dasar protein, juga untuk perbaikan jaringan mulut.

c. Glukosa : Sumber energi, tapi jika berlebihan bisa jadi makanan bakteri penyebab karies.

d. Laktat : Produk fermentasi yang tinggi, bisa menurunkan pH dan menyebabkan demineralisasi.

e. Asam lemak : Berperan dalam sistem pertahanan dan struktur membran.

f. Mucin : Dengan membentuk lapisan pelindung, senyawa tersebut berfungsi untuk melumasi dan menjaga kelembapan rongga mulut.

g. Komponen anti mikroba: *laktoferin, kallikrein, lysosyme, peroxidase, thiocynate, IgA, IgG, IgM, Hisrarin, Defensin*

h. PRP : Melindungi enamel, bantu pembentukan pelikel (lapisan pelindung awal gigi).

i. Enzim pencernaan : *ptyalin or amylase, maltase, lipase.*

Saliva buatan, digunakan sebagai larutan penyangga (*buffer*) dalam media untuk menggantikan fungsi saliva alami. Fungsinya penting dalam menjaga pH agar tetap dalam kisaran normal. Dalam proses elektrokimia, ion logam dari bahan logam (seperti kawat gigi *stainless steel*) berperan sebagai anoda, sedangkan ion H^+ dari media berfungsi sebagai katoda. Reaksi ini dapat

menyebabkan pelepasan ion logam seperti nikel (Ni) dan kromium (Cr), yang menandakan terjadinya korosi. Pada kondisi perendaman dalam minuman berkarbonasi, jumlah ion Ni dan Cr yang terlepas lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi ion H^+ dari asam karbonat (H_2CO_3) yang terkandung dalam minuman tersebut. Semakin tinggi kadar asam, semakin banyak ion H^+ yang bereaksi, sehingga mempercepat proses oksidasi ion logam dan meningkatkan risiko terjadinya korosi (Ardhy dkk. 2015).

2.4. Pergerakan Gigi secara Ortodonti

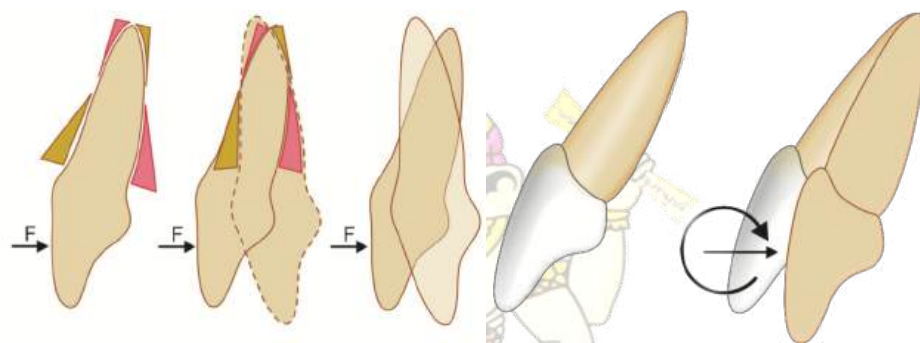
Sebagian besar pergerakan gigi yang terjadi selama perawatan ortodonti bukanlah rotasi murni atau translasi murni, melainkan kombinasi dari rotasi dan translasi (Phulari 2017).

Pergerakan gigi secara ortodonti dibagi menjadi beberapa bagian yaitu antara lain:

a. *Tipping*

Tipping merupakan jenis gerakan gigi yang paling sederhana dan yang paling mudah dilakukan. Satu gaya diterapkan pada satu titik pada mahkota gigi yang menyebabkan mahkota gigi bergerak ke arah yang diberikan tekanan, sedangkan akar gigi bergerak ke arah yang berlawanan. Pergerakan *tipping* mencakup dua jenis yaitu *uncontrolled* dan *controlled*. Pergerakan *tipping uncontrolled* terjadi ketika satu gaya diterapkan pada mahkota gigi dan bergerak di sekitar pusat rotasi yang berada di antara pusat resistensi dan *apex* akar. Tekanan pada ligamen periodontal tidak merata dan cenderung terfokus pada area *apex* serta servikal. Pergerakan *tipping*

controlled terjadi ketika pusat rotasi berada di *apex* akar. Pada kondisi ini, selain diberikan gaya untuk menggerakkan mahkota gigi, gaya yang berlawanan pada pergerakan akar dikendalikan melalui pemasangan braket. Tujuan dari gerakan *tipping controlled* adalah menggerakkan mahkota sambil mempertahankan posisi *apex* akar tetap stabil. Tekanan pada ligamen periodontal terkonsentrasi pada area servikal dengan tekanan minimal pada *apex*.



Gambar 2.1 Ilustrasi pergerakan ortodonti *tipping uncontrolled* dan *controlled* pada gigi, yaitu pergerakan mahkota dan akar yang berbeda akibat aplikasi gaya tunggal pada mahkota gigi dengan pusat rotasi tertentu (Phulari 2017)

b. *Bodily*

Ketika gaya diterapkan melalui pusat resistensi gigi, seluruh titik pada gigi akan bergerak dengan jumlah yang sama dan dalam arah yang sejajar dengan garis gaya tersebut. Istilah pergerakan *bodily* digunakan untuk menggambarkan perpindahan penuh gigi ke posisi baru, di mana seluruh bagian gigi, baik mahkota maupun akar, bergerak dengan jarak yang sama. Selama pergerakan *bodily*, pusat rotasi berada pada titik tak terhingga. Dalam praktik klinis, translasi sempurna sulit untuk dicapai sebagai satu jenis gerakan tunggal, tetapi pergerakan yang mendekati gerakan *bodily*

dapat diperoleh dengan menggunakan peralatan ortodonti yang tepat. Seperti halnya kontrol pada pergerakan *tipping*, pergerakan *bodily* memerlukan penerapan gaya dan pemasangan gaya secara simultan pada braket. Besarnya gaya yang digunakan biasanya lebih besar dibandingkan dengan gaya yang diperlukan untuk pergerakan *tipping*. Tekanan yang dihasilkan selama pergerakan *bodily* juga lebih merata di sepanjang ligamen periodontal, sehingga memungkinkan distribusi gaya yang optimal dalam proses pergerakan gigi.



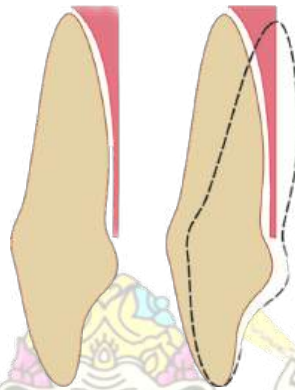
Gambar 2.2 Ilustrasi pergerakan ortodonti *bodily* pada gigi, yaitu perpindahan mahkota dan akar secara sejajar akibat aplikasi gaya melalui pusat resistensi gigi, sehingga tekanan terdistribusi merata pada ligamen periodontal

(Phulari 2017)

c. *Torque*

Istilah *torque* dalam ortodonti merujuk pada pergerakan diferensial antara satu bagian gigi dengan bagian lainnya yang tetap tertahan. Istilah ini sering digunakan untuk menggambarkan pergerakan akar tanpa adanya pergerakan mahkota gigi. *Torque* akar umumnya dicapai dengan menerapkan gaya pada mahkota gigi, sementara secara mekanis membatasi pergerakan mahkota ke arah yang berlawanan. Dalam proses ini, pusat rotasi

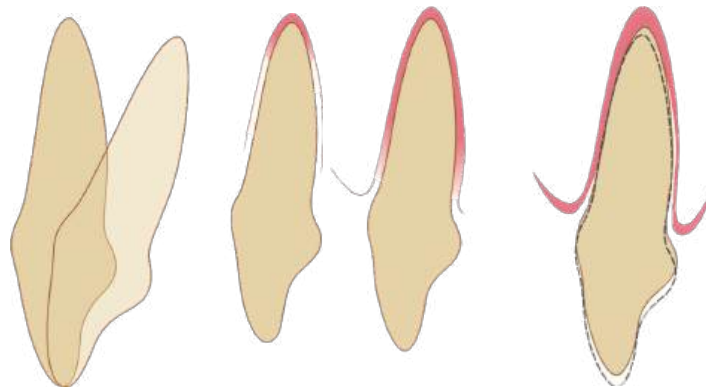
gigi terletak pada tepi insisal atau di sekitar braket. Selama pergerakan *torque*, tekanan terbesar pada ligamen periodontal terjadi di dekat apeks akar, yang dapat memengaruhi respons biologis jaringan pendukung gigi terhadap gaya ortodonti.



Gambar 2.3 Ilustrasi pergerakan *torque* pada gigi ortodonti, yaitu pergerakan akar gigi tanpa disertai pergerakan mahkota akibat aplikasi momen gaya pada braket (Phulari 2017)

d. Vertikal

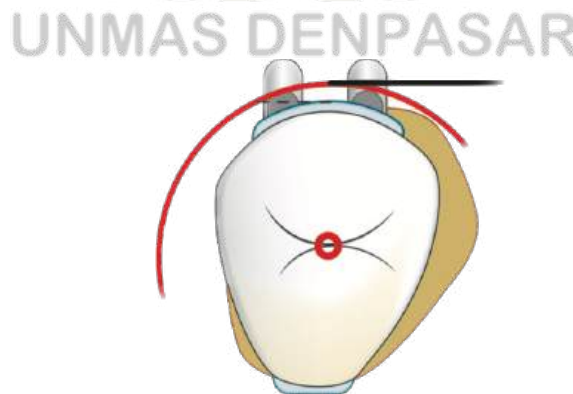
Pergerakan gigi dalam arah vertikal dapat terjadi dalam bentuk intrusi atau ekstrusi. Intrusi adalah pergerakan gigi ke dalam soket yang melibatkan resorpsi tulang, terutama di sekitar puncak gigi. Selama proses ini, seluruh struktur pendukung gigi berada di bawah tekanan dengan sedikit atau bahkan tanpa area yang mengalami ketegangan. Ekstrusi merupakan pergerakan gigi keluar dari soketnya yang dapat terjadi tanpa banyak resorpsi tulang. Dalam proses ini, pengendapan tulang diperlukan untuk mereformasi struktur pendukung gigi. Secara umum, pergerakan ekstrusi menyebabkan ketegangan pada seluruh struktur pendukung gigi dibandingkan dengan tekanan.



Gambar 2.4 Ilustrasi pergerakan vertikal pada gigi ortodonti berupa intrusi dan ekstrusi, yang terjadi akibat gaya ortodonti searah sumbu panjang gigi
(Phulari 2017)

e. Rotasi

Pergerakan gigi di sekitar axis dalam ortodonti disebut rotasi. Rotasi pada gigi dalam soketnya memerlukan penerapan pemasangan gaya. Pemasangan gaya ini dihasilkan dengan menerapkan dua gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah pada area gigi yang berbeda. Secara umum, gerakan rotasi tidak memerlukan gaya yang lebih besar dibandingkan dengan gerakan *tipping*. Namun, terdapat kecenderungan yang lebih tinggi terhadap kekambuhan setelah gerakan rotasi dibandingkan jenis pergerakan lainnya.



Gambar 2.5 Ilustrasi pergerakan rotasi pada gigi ortodonti, yaitu pergerakan gigi mengelilingi sumbu panjangnya akibat pasangan gaya yang berlawanan arah
(Phulari 2017)

2.5. Adhesive Remnant Indeks

Skor *Adhesive Remnant Index* (ARI) pertama kali diperkenalkan oleh Artun dan Bergland pada tahun 1984. Sistem ini digunakan untuk menilai jumlah sisa bahan adhesif yang masih tertinggal di permukaan gigi setelah braket ortodonti dilepas. Melalui penilaian ini, dapat dilakukan analisis terhadap jenis kegagalan ikatan dan kekuatan geser ikatan, yang berfungsi untuk memahami seberapa kuat ikatan antara bahan adhesif dan permukaan gigi. Selain itu, hal ini juga membantu menentukan di bagian mana ikatan mengalami kegagalan, apakah pada permukaan gigi, di tengah bahan adhesif, atau pada permukaan braket (Nidhiritdhikrai dkk. 2017).

Sistem ARI mengklasifikasikan sisa adhesif berdasarkan jumlah bahan semen yang tertinggal di gigi maupun di braket. Sisa adhesif ini dinilai menggunakan mikroskop stereoskopis, dengan kriteria sebagai berikut:

Skor 0 : tidak ada sisa semen pada enamel

Skor 1 : < 50% permukaan enamel tertutup semen

Skor 2 : > 50% permukaan enamel tertutup semen

Skor 3 : seluruh permukaan enamel tertutup semen