

Biomechanics of tooth movement

Biomekanika pergerakan gigi

¹Ardiansyah S. Pawinru, ²Serliawati

¹Departemen Ortodontia

²Mahasiswa tahapan profesi

Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin

Makassar, Indonesia

Correspondence author: Serliawati, e-mail: serli_shela@yahoo.com

ABSTRACT

Introduction: Orthodontic treatment results in a tooth movement that aims to correct the abnormal tooth position into a normal and aesthetic position. The principle of tooth movement that applies pressure produces remodeling which can be seen from a microscopic. **Objective:** The objective of this article is aimed to describe the biomechanics of tooth movement that occurs when using removable orthodontics. **Methods:** scientific evidence are taken from literature to support the clear and detailed information. **Conclusion:** Orthodontic tooth movement is based on biological principles. The intermittent or continuous forces applied to the teeth, altering the mechanical system and then limiting the cellular response leading to bone adaptation in a new functional environment.

Key words: orthodontic treatment, tooth movement, removable orthodontics

ABSTRAK

Pendahuluan: Perawatan ortodontik menghasilkan pergerakan gigi yang bertujuan untuk mengoreksi posisi gigi yang tidak normal menjadi yang normal dan estetik. Prinsip pergerakan gigi yang menerapkan tekanan menghasilkan *remodeling* yang dapat diamati dari segi mikroskopisnya. **Tujuan:** Artikel ini dimaksudkan untuk menjelaskan biomekanika pergerakan gigi yang terjadi pada saat menggunakan piranti ortodontik lepasan. **Metode:** Bukti ilmiah diambil dari pustaka untuk mendukung informasi yang jelas dan terinci. **Simpulan:** Gerakan gigi ortodontik didasarkan pada prinsip biologis. Kekuatan intermiten atau kontinyu diterapkan pada gigi, mengubah pemuatan sistem mekanis dan kemudian memunculkan respon sel yang mengarah pada adaptasi tulang dalam lingkungan fungsional yang baru.

Kata kunci: perawatan ortodontik, pergerakan gigi, ortodontik lepasan

Received: 1 November 2020

Accepted: 1 January 2021

Published: 1 April 2021

PENDAHULUAN

Ortodontik menghasilkan pergerakan gigi yang bertujuan untuk mengoreksi posisinya yang tidak normal menjadi normal dan estetik. Banyak penelitian telah dilakukan mengenai kekuatan mekanik dan pergerakan gigi. Prinsip pergerakan gigi yang menerapkan tekanan menghasilkan *remodeling* yang dapat diamati secara mikroskopisnya. Meskipun banyak perangkat mekanis inovatif untuk pergerakan gigi telah ditemukan tetapi belum sepenuhnya berhasil mencegah kerusakan jaringan periodontal, karena kurangnya pemahaman mengenai sel. Sangat penting memahami jalur remodeling spesifik untuk menargetkan sel-sel tersebut dan mencapai prognosis yang sempurna, sebab pergerakan gigi ortodontik tergantung pada remodeling tulang yang efisien. Pemahaman akan jalur remodeling membantu dalam merancang alat yang lebih baik yang menargetkan sel tertentu untuk dikontrol sehingga dapat menggerakan gigi dengan cepat namun aman.¹

Pergerakan gigi ortodontik didasarkan pada prinsip biologis. Kekuatan intermiten atau kontinyu yang diterapkan pada gigi akan mengubah pemuatan sistem mekanis, lalu menimbulkan respon sel yang mengarah pada adaptasi tulang dalam lingkungan fungsional yang baru.²

Secara klinis, hubungan antara intensitas kekuatan ortodontik dengan tingkat pergerakan gigi selama fase aktif perawatan saat ini dianggap sebagai cara untuk mengidentifikasi kekuatan optimal, secara individual. Namun, sebagian besar pustaka menyatakan bahwa gaya berat dan ringan menginduksi jenis respon biologis yang sama. Perkembangan riset kedokteran gigi menyatakan bahwa semakin lama pengaplikasian ortodontik maka keberhasilan dalam menggerakkan gigi semakin tinggi.³

Pada artikel ini akan dikaji mengenai biomekanika pergerakan gigi pada saat perawatan ortodonti.

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memahami biomekanika dari pergerakan gigi, maka perlu dipahami hal-hal berikut.

Fase pergerakan gigi

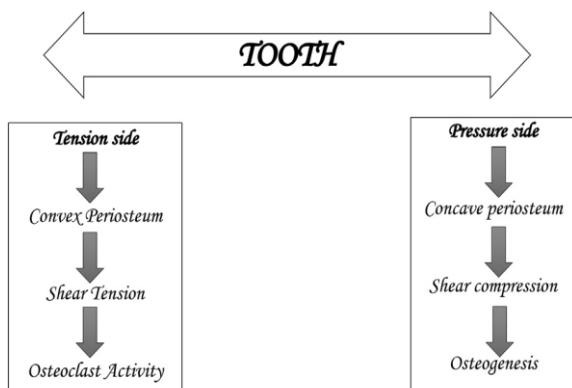
Burstone pada tahun 1962 menyatakan ada tiga fase pergerakan gigi, yaitu 1) fase initial, yang terjadi segera setelah penerapan kekuatan pada gigi. Pergerakannya cepat karena perpindahan gigi ke dalam ruang periodontal. Waktu terjadinya fase initial biasanya 24-48 jam. Pergerakan gigi terjadi di dalam soket tulang. Gaya yang diterapkan pada gigi meliputi kompresi dan

peregangan ligamen periodontal yang menyebabkan ekstravasasi pembuluh darah, *chemoattraction* sel radang dan pengerahan progenitor osteoblas dan osteoklas. 2) fase lag, pergerakan gigi sangat minimal atau terkadang tidak ada pergerakan sama sekali. Pada fase ini terjadi hialiniasi ligamen periodontal yang terkompresi. Pergerakan tidak akan terjadi sampai jaringan nekrosis diangkat oleh sel, pemindahan jaringan nekrotik LPD dan sekitarnya dilakukan oleh osteoklas dan makrofag. Pada fase lag gerakan gigi berhenti 20-30 hari; semua jaringan nekrotik diangkat bersamaan dengan resorpsi sumsum tulang yang ada di sekitarnya. Jaringan nekrotik tulang dan LPD yang terkompresi dihilangkan oleh makrofag dan sel osteoklas; 3) fase post lag, pergerakan gigi secara bertahap atau tiba-tiba meningkat dan biasanya terlihat setelah 40 hari awal aplikasi kekuatan ortodontik. Selama pergerakan gigi, perkembangan dan pengangkatan jaringan nekrotik terjadi secara kontinyu.¹

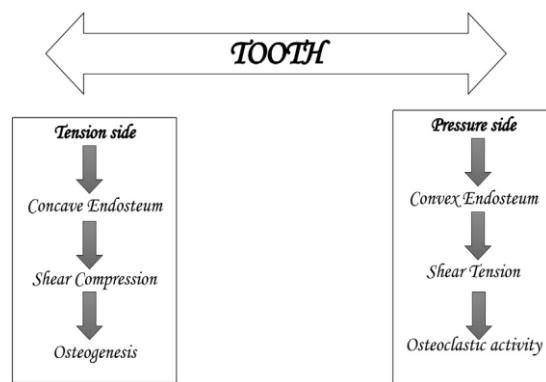
Teori pergerakan gigi

Gaya ortodontik yang diterapkan pada struktur gigi menghasilkan sebuah pergerakan gigi dengan deposisi dan resorpsi tulang alveolar yang disebut sebagai remodeling. Kekuatan ortodontik yang diberikan pada gigi diubah menjadi aktivitas biologis. Meskipun hal ini tidak sepenuhnya dipahami tetapi ada tiga kemungkinan teori pergerakan gigi,⁴ yaitu teori *bone-bending*, teori *biological electricity*, dan teori tekanan-tegangan.

Teori *bone-bending*; ketika kekuatan ortodontik diterapkan ke gigi, kekuatan tersebut ditransmisikan ke semua jaringan di sekitarnya. Kekuatan-kekuatan ini menekan tulang, gigi, dan LPD. Gambar 1 dan 2 menyajikan efek kekuatan yang diterapkan pada periosteum dan endosteum. Tulang diendapkan oleh periosteum/endosteum; disimpan di periosteum dan diserap di endosteum untuk mencegahnya menjadi terlalu tebal. Osteoblas berperan dalam deposisi tulang pada sisi tegang dan osteoklas berperan dalam resorpsi tulang pada sisi kompresi.



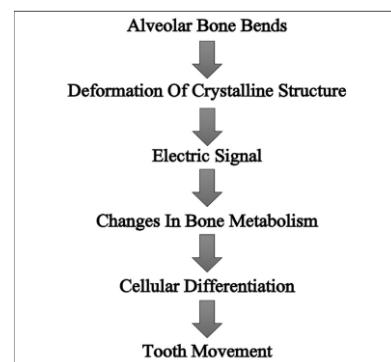
Gambar 1 Alur efek kekuatan yang diterapkan pada periosteum.¹



Gambar 2 Alur efek kekuatan yang diterapkan pada endosteum.¹

Teori ini dikonfirmasikan dengan eksperimen Baumrind pada tikus dan pada manusia. Ketika piranti ortodontik diaktifkan, gaya yang diterima gigi ditransmisikan ke semua jaringan di sekitar gigi, menekan tulang, gigi, dan struktur padat LPD. Reorganisasi berlangsung tidak hanya pada lamina dura alveolus tetapi juga pada permukaan setiap trabekulum dalam korpus tulang.⁴

Teori *biological electricity*; dikemukakan oleh Bassett dan Becker pada tahun 1962, bahwa setiap kail tulang alveolar tertekan akan melepaskan sinyal listrik dan menyebabkan pergerakan gigi. Awalnya dianggap sebagai sinyal piezo-listrik. Karakteristik dari sinyal-sinyal tersebut adalah 1) memiliki tingkat peluruhan cepat yang dimulai ketika gaya diterapkan dan pada saat yang sama menghilang cepat bahan dengan kekuatan tetap; 2) menghasilkan sinyal yang sama di sisi yang berlawanan ketika kekuatan dilepaskan.¹ Serat periodontal menghasilkan tekanan pada tulang selama kekuatan ortodontik diberikan. Dapat disimpulkan bahwa daerah dengan muatan elektronegatif ditandai oleh peningkatan tingkat aktivitas osteoklastik dan daerah bermuatan elektropositif ditandai dengan peningkatan level aktivitas osteoblastik. Menurut Davidovitch, et al, arus listrik eksogen bersama dengan kekuatan ortodontik mempercepat gerakan gigi. Ini menunjukkan bahwa respon piezoelectric disebabkan oleh penekanan tulang yang mungkin berfungsi sebagai “pesan pertama sel”.¹



Gambar 3. Teori bio-electric pergerakan gigi.¹

Teori tekanan-tegangan atau *pressure-tension*; penelitian histologis oleh Sandstedt, Oppenheim, dan Schwarz, menyatakan bahwa suatu gigi yang bergerak menciptakan sisi tekanan dan tegangan (Tabel 1). Hal tersebut menyebabkan perubahan aliran darah pada ligamen periodontal, yaitu kadar oksigen yang lebih sedikit pada sisi yang tertekan karena adanya penekanan pada ligament periodontal. Tuncay et al. menyatakan bahwa kadar oksigen rendah menyebabkan penurunan aktivitas adenosine triphosphate (ATP). Schwarz mengkorelasi respon jaringan antara besarnya kekuatan dengan tekanan darah kapiler. Sebuah pustaka mengatakan bahwa gaya yang dapat diberikan sekitar 20-25 g/cm² permukaan akar, namun suatu penelitian juga mengeukkan bahwa gaya yang dapat diberikan normalnya 30-50 g, dan jika lebih tekanan normalnya, maka nekrosis jaringan dapat terjadi karena periodonsium yang tertekan.¹

Teori ini menjelaskan bahwa di sisi tekanan, LPD memperlihatkan disorganisasi dan pengurangan produksi serat. Pada sisi ini, replikasi sel berkurang karena penyempitan pembuluh darah. Schwarz berhipotesis bahwa LPD merupakan ruang dengan tekanan hidrostatis kontinyu yang akan sesuai dengan hukum pascal, yaitu tekanan ditransmisikan secara merata ke semua wilayah LPD. Pada sisi tekanan, replikasi sel dikatakan berkurang sebagai akibat penyempitan pembuluh darah, sehingga terjadi resorpsi tulang. Di sisi tegangan, replikasi sel meningkat karena stimulasi yang terjadi oleh peregangan bundel serat LPD, sehingga terbentuk tulang baru pada daerah tersebut. Dalam hal kandungan serat, LPD pada sisi tekanan memperlihatkan disorganisasi dan pengurangan produksi serat, sedangkan pada sisi tegangan, produksi serat mengalami stimulasi.⁴

Penyebab pemutuan gigi area tegangan dan kompresi LPD terkait dengan ujung saraf dan pembuluh darah. Ujung saraf LPD berkait erat dengan pembuluh darah. Saat ujung saraf terdistorsi, akan melepaskan neurotransmitter vasoaktif, seperti zat P dan CGRP, yang berinteraksi dengan sel-sel endotel vaskuler yang menyebabkan vasodilatasi dan peningkatan permeabilitas dengan kebocoran plasma. Ikatan endoteliun diaktifkan dan mengedarkan leukosit, monosit, dan makrofag ke LPD, menandakan timbulnya peradangan akut. Leu-

kosit, sitokin, dan prostaglandin mendorong remodeling jaringan. Setelah beberapa hari, peradangan transisi dari akut ke kronis dan proliferasif yang melibatkan fibroblas, sel endotel, osteoblas dan osteoklas; osteoklas berperan di zona tekan. Pergerakan gigi dimulai setelah jaringan nekrotik diangkat oleh osteoklas, lalu osteoblas membuat osteoid dengan serat periodontal baru yang tertanam di dinding tulang alveolar dan se mentum akar.⁵

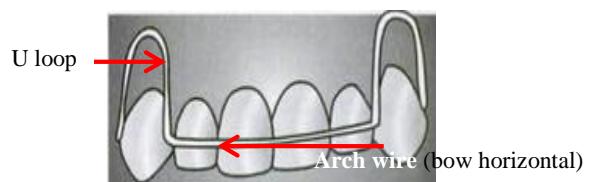
Tabel 1 Faktor-faktor yang memengaruhi pergerakan gigi menurut teori *pressure-tension*.¹

Faktor yang memengaruhi pergerakan gigi	Sisi tekanan	Sisi tegangan
Aliran darah	Menurun	Meningkat
Tingkat oksigen	Menurun	Meningkat
Tingkat karbon dioksida	Meningkat	Menurun
Replikasi sel	Menurun	Meningkat
Produksi serat	Menurun	Meningkat

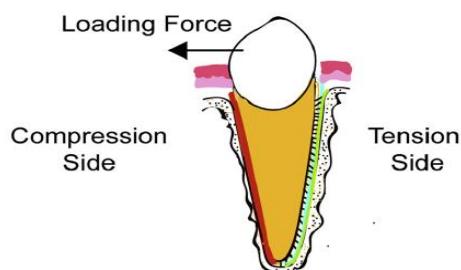
Tekanan optimal komponen aktif piranti ortodontik lepasan

Aktivasi dimaksudkan untuk menggerakan gigi yang ingin dikoreksi; pergerakan membutuhkan tekanan, yang jika diaplikasikan ke gigi harus tidak menyebabkan *undermining resorption*. Berikut ini aktivasi komponen aktif ortodontik lepasan dengan tekanan yang masih diterima oleh jaringan sekitar gigi.^{1,11}

Labial bow merupakan salah satu komponen dari piranti ortodontik lepasan yang berfungsi retraksi maupun fungsi retensi menjaga lengkung gigi terdiri dari 2 *U loop*, arch wire (bow horizontal) dan lengan retentif. Diameter kawat yang digunakan 0,7 mm. *U loop* memiliki panjang 10-12 mm, dengan lebar 5 mm. *Arch wire* berada di 1/3 dari insisal gigi insisivus. Untuk mendapatkan gaya tekanan normal, aktivasi *labial bow* dilakukan dengan mengecilkan *U loop* sebesar 1 mm, sehingga *arch wire* dari labial bow akan bergerak 1 mm ke arah palatal.⁶



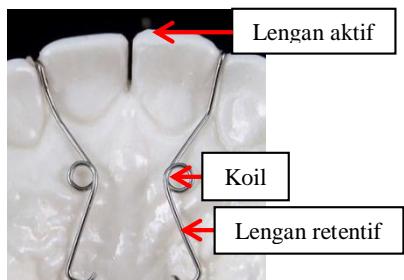
Gambar 5 Labial bow.⁷



Gambar 4 Area kompresi dan tegangan akibat ortodontik.⁵

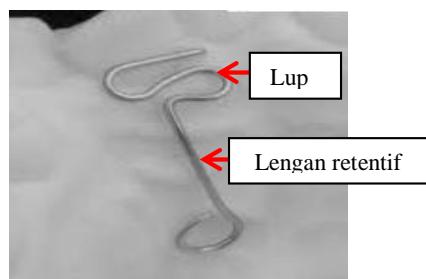
Finger spring sering digunakan pada piranti lepasan untuk mengarahkan gigi ke arah mesiodistal. Komponen-komponen finger spring meliputi lengan aktif, lengan retentif, dan koil (diameter koil minimal 2,5 mm). Aktivasi dilakukan dengan menggerakan lengan aktif 1/3 mesiodistal gigi yang digerakkan. Menurut Schwarz pada pengaplikasian piranti, gaya optimal yang dapat diberikan sebesar 20-25 g/cm² permukaan

akar. Sedangkan menurut Zietsman normalnya tekanan yang diaplikasikan pada gigi, yaitu 30-50 g, dengan aktivasi sekitar 3 mm dengan laju pembebanan/defleksi 15 g/mm.⁶



Gambar 6 Finger Spring.¹²

Bumper veer berfungsi untuk menggerakkan gigi individual ke arah labial atau bukal. Ukuran kawat yang biasa dipakai adalah 0,5-0,6 mm. Cara aktivasi dengan membuka lup dari piranti tersebut.



Gambar 7 Bumper veer.¹¹

Efek tekanan ortodontik yang berat dan ringan

Menurut Schwarz pada aplikasi piranti ortodontik, gaya optimal yang dapat diberikan sebesar 20-25 g/cm² permukaan akar.¹ Jika tekanan yang diberikan ringan, maka akan menyebabkan 1) cairan LPD tidak tertekan, penekanan tulang alveolar, sinyal piezoelektrik dihasilkan yang terjadi pada waktu kurang dari 1 detik; 2) cairan PDL disekresi, sehingga menyebabkan perpindahan gigi ke dalam ruang PDL; 3) pembuluh darah dalam LPD tertekan pada sisi tekanan dan merenggang pada sisi tegangan, serat dan sel LPD mengalami distorsi yang terjadi pada waktu 3-5 detik; 4) aliran darah berubah, tekanan oksigen mulai berubah; prostaglandin dan sitokin dilepaskan yang terjadi dalam beberapa menit kemudian; 5) terjadinya perubahan metabolismik: efek sel dan perubahan tingkat enzim yang terjadi dalam beberapa jam kemudian; 6) aktivitas osteoklas dan osteoblas yang terjadi setelah dua hari pengaplikasian ortodontik.⁹

Akan tetapi menurut Schwarz jika kekuatan yang diberikan terlalu ringan maka tidak akan memberikan reaksi apapun. Sedangkan pada pemberian tekanan yang berat akan menghasilkan 1) pada waktu kurang dari 1 detik, cairan LPD tidak tertekan, penekanan tu-

lang alveolar, sinyal piezoelektrik dihasilkan; 2) cairan LPD disekresi, sehingga menyebabkan perpindahan gigi ke dalam ruang PDL yang terjadi pada waktu 1-2 detik; 3) pembuluh darah dalam PDL tersumbat pada sisi tegangan yang terjadi pada waktu 3-5 detik; 4) aliran darah terhenti pada sisi tekanan yang terjadi dalam beberapa menit kemudian; 5) kematian sel pada sisi tekanan yang terjadi pada beberapa jam kemudian.⁹

Terjadi *undermining resorption* pada waktu 3-5 hari setelah pengaplikasian, karena nutrisi tidak ada, maka terjadi kemunduran jaringan, sel-sel dan serabut-serabut periodontium akan menghilang dan mengalami degenerasi hyalin.

PEMBAHASAN

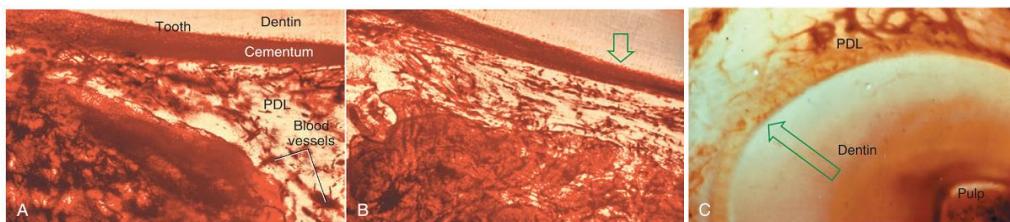
Proses inflamasi sangat penting untuk pergerakan gigi ortodontik, peradangan yang tidak teratur atau berlebih akan menimbulkan masalah. Resorpsi akar yang diinduksi ortodontik dan remodeling jaringan harus dikontrol. Namun, 15% pasien ortodonti memperlihatkan resorpsi akar berlebih, dengan kehilangan lebih dari 4 mm atau sepertiga dari panjang akar alami. Pemberian gaya yang terlalu besar dapat menyebabkan *undermining resorption* pada tulang alveolar karena nutrisi tidak ada, maka terjadi kemunduran jaringan, sel-sel dan serabut-serabut periodontium akan menghilang dan mengalami degenerasi hyalin. Gigi yang digerakkan dengan tekanan yang berlebih dapat menyebabkan gigi tidak akan bergerak. Peradangan diperlukan untuk pergerakan gigi ortodontik, tetapi jika tidak terkendali akan menyebabkan kerusakan gigi karena peran osteoklas yang meningkat sedangkan peran osteoblas menurun, sehingga antara zona *compression* dengan zona *tension* berjalan tidak seimbang dan hasilnya akan menyebabkan gigi menjadi goyang.⁵

Jika tekanan yang berlebih dan diaplikasikan maka pada sisi tekanan akan terjadi 1) penyumbatan pembuluh darah; 2) LPD akan kehilangan asupan nutrisi sehingga menyebabkan perubahan regresif yang disebut hialinasi yang area bebas sel; dan 3) resorpsi tulang yang berlebihan.¹²

Sedangkan pada sisi tegangan, tekanan yang berlebih akan menyebabkan 1) LPD semakin membentang yang menyebabkan robeknya pembuluh darah; 2) peningkatan aktivitas osteoklas dibandingkan aktivitas osteoblas yang berperan dalam pembentukan tulang, sehingga gigi menjadi longgar pada soketnya dan menyebabkan gigi menjadi goyang; dan 3) menyebabkan hiperemia gingiva dan rasa sakit.⁸

Tekanan piranti ortodontik lepasan cekat

Kunci untuk menghasilkan pergerakan gigi ortodontik adalah penerapan kekuatan yang berkelanjutan, maksudnya gaya harus ada dalam jangka waktu yang



Gambar 8. (A) tidak terjadi tekanan, pada area yang gelap menandakan aliran darah, (B) tekanan ringan, terlihat area gelap sedikit menipis menandakan berkurangnya aliran darah, (C) tekanan berat, terlihat hampir menghilangnya daerah yang gelap menunjukkan aliran darah sangat sedikit bahkan tidak ada sama sekali, dan dikatakan hyaline sebab mirip dengan kartilago hyaline.⁹

cukup lama, yaitu berjam-jambukan menit setiap hari. Suatu penelitian yang dilakukan pada hewan menunjukkan bahwa hanya setelah kekuatan dipertahankan selama sekitar 4 jam, tingkat nukleotida siklik dalam LPD meningkat, menunjukkan bahwa durasi tekanan diperlukan untuk menghasilkan pembawa pesan kedua yang diperlukan untuk merangsang diferensiasi sel.⁹

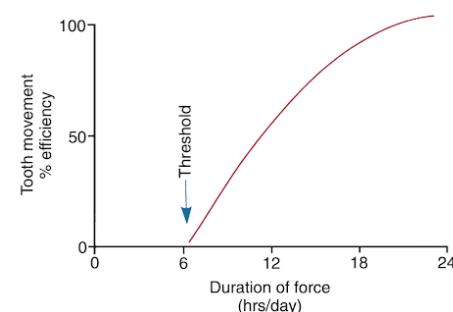
Suatu studi menunjukkan bahwa terdapat ambang batas durasi kekuatan pada manusia yaitu 4-8 jam dan gerakan gigi yang semakin efektif dihasilkan jika kekuatan dipertahankan untuk durasi yang lebih lama. Hubungan antara durasi dan efisiensi pergerakan gigi dapat dilihat pada gambar 9.⁹

Kekuatan *continuous* dihasilkan oleh ortodontik cekat, sedangkan ortodontik lepasan menyebabkan pengurangan fraksi waktu sehingga menghasilkan penurunan jumlah gerakan gigi. Durasi kekuatan memiliki aspek lain, terkait dengan bagaimana perubahan gaya tersebut memaksa suatu gigi merespon perubahan gaya tersebut dengan bergerak. Durasi kekuatan ortodontik diklasifikasi berdasarkan laju kerusakan jaringan yang terjadi, yaitu 1) *continuous force* adalah tekanan ortodontik aktif yang besarnya berkurang sedikit diantara dua waktu kunjungan perawatan; 2) *interrupted force* adalah tekanan ortodontik yang tidak aktif pada interval waktu diantara dua waktu kunjungan perawatan. Tekanan umumnya besar, dan berkurang sampai nol pada interval waktu guna memberi waktu bagi jaringan untuk pulih sampai diaktivasi kembali; tekanan *continuous* dan *interrupted* merupakan tekanan yang dihasilkan oleh piranti ortodontik cekat; 3) *intermittent force* - level kekuatan menurun secara tiba-tiba ke titik nol secara intermiten ketika piranti lepasan dilepaskan oleh pasien dan kembali ke tingkat semula beberapa saat kemudian ketika alat dipasang kembali.⁹

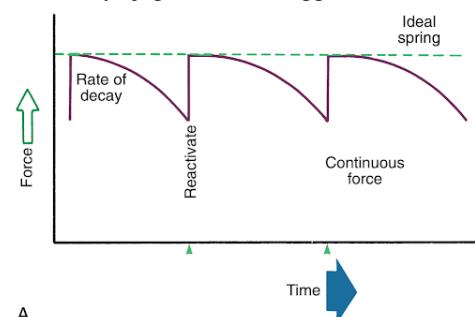
Efek pelepasan piranti ortodontik tanpa retensi

Pelepasan piranti secara tiba-tiba tanpa retensi menyebabkan pergerakan gigi yang telah terkoreksi kembali kepada keadaan sebelumnya yaitu keadaan sebelum dilakukan koreksi malposisi atau yang biasa juga disebut dengan relaps. Menurut *British Standard Institute*, relaps adalah kembali ke bentuk awal maloklusi

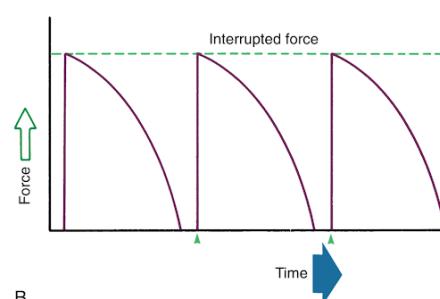
setelah dikoreksi. Menurut Moyers, relaps adalah suatu istilah yang digunakan pada suatu keadaan hilangnya koreksi yang telah dicapai pada perawatan ortodonti.¹⁰



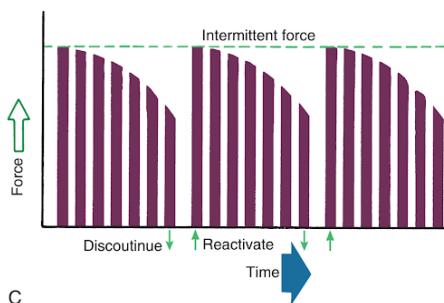
Gambar 9. Hubungan antara durasi dengan efisiensi pergerakan gigi. Kekuatan *continuous* 24 jam per hari memperlihatkan efisiensi pergerakan gigi yang lebih tinggi, namun pergerakan gigi yang sukses juga bisa didapatkan dalam durasi yang singkat yaitu 6 jam per hari, akan tetapi lebih lama durasi dalam pengaplikasian kekuatan tersebut tingkat efisiennya juga semakin tinggi.⁹



Gambar 10 tekanan *continuous* tetap terjaga diantara dua waktu aktivasi.⁹



Gambar 11 Tekanan *interrupted* mencapai nol diantara dua waktu aktivasi.⁹



Gambar 12 Tekanan *intermittent* mencapai nol ketika piranti dilepas dan kembali semula ketika dipasang kembali.⁹

Menurut Bhalajhi, beberapa faktor yang dapat menyebabkan relaps, antara lain 1) tarikan pada LPD; saat gigi-gigi digerakkan secara ortodonti, LPD dan gingiva yang mengelilingi gigi akan merenggang, lalu memendek sehingga berpotensi menyebabkan relaps. Jaringan LPD menyesuaikan diri dengan posisi baru secara cepat. Jaringan utama akan berekonstruksi dalam waktu 4 minggu. Sebaliknya, jaringan gingiva supra-alveolar butuh waktu 40 minggu untuk menyesuaikan diri dengan posisi barunya, sehingga mudah relaps kembali. Setelah perawatan ortodonti yang komprehensif, retensi harus dilanjutkan selama 4-5 bulan untuk memberikan waktu bagi LPD berekonstruksi kembali, lalu retensi harus dilanjutkan 7-8 minggu lagi untuk memberikan waktu bagi gingiva beradaptasi dengan posisi barunya; 2) adaptasi tulang: gigi-gigi yang baru saja digerakkan akan dikelilingi oleh tulang osteoid yang sedikit terkalsifikasi, sehingga gigi tidak cukup stabil dan cenderung untuk kembali ke posisi semula. Tulang trabekula biasanya tersusun tegak lurus terhadap sumbu gigi, namun selama perawatan ortodonti posisinya paralel dengan arah tekanan. Selama masa retensi, gigi-gigi tersebut dapat kembali ke posisi semula.

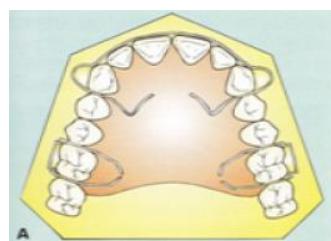
DAFTAR PUSTAKA

1. Asiry MA. Biological aspects of orthodontic tooth movement: a review of literature. Saudi J Biol Sci 2018; 25: 1027-32.
2. Shroff B. Biology of orthodontic tooth movement. Philadelphia: Springer; 2016. p.2.
3. Isola G, Cordasco G, Matarese G, Perillo L. Mechanobiology of the tooth movement during the orthodontic treatment: a literature review. Minerva Stomatologica 2016; 65(5): 299-327.
4. Patel VD, Jyothikiran H, Raghunath N, Shivalinga BM. Enroute through bone: biology of tooth movement. World J Dent 2012; 3(1): 55-9.
5. Li Y, Acox LA, Little SH, Ko CC. Orthodontic tooth movement: the biology and clinical implications. Kaohsiung J Med Sci 2018; 34: 207-14.
6. Zietsman ST, Visage W, Coetzee WJ. Palatal finger springs in removable orthodontic appliances-an in vitro study. SADJ 2000; 55(11): 621-7.
7. Kumar. Orthodontics. New Delhi: Elsevier; 2008. p.323-4.
8. Alam MK. A to z orthodontics: tissue changes. PPSP Publication 2012; 6: 11-4.
9. Proffit WR. Contemporary orthodontics. 6th ed. Philadelphia: Elsevier; 2018. p.251-3.
10. Iswari HS. Relaps dan pencegahannya dalam ortodonti. FKG Universitas Prof. DR. Moestopo (B) 2012; 319: 53-8.
11. Himpunan Mahasiswa Prodi Kedokteran Gigi UMS. Orthodontic. Indonesia. [cited 2013 May 3]. Available from: URL <https://hmpkedokterangigiums.blogspot.com/2013/05/kuliah-orthodontic-definisi-dr.html>
12. Dens in Dente Dental Care. Orthodontics. Indonesia. [cited 2020 October 25]. Available from: URL <https://www.pinterest.com/DensinDenteDC/orthodontics/>

Retainer merupakan bagian pasif ortodonti yang membantu menstabilkan gigi dalam waktu yang lama untuk memberi kesempatan reorganisasi struktur-struktur pendukung setelah tahap aktif. Pada dasarnya retensi mencegah relaps atau dalam kata lain mencegah gigi kembali ke posisi awal dari maloklusi.¹⁰

Alasan utama retensi dibutuhkan adalah 1) gingiva dan jaringan periodontal dipengaruhi pergerakan gigi dan memerlukan waktu untuk reorganisasi setelah alat dilepas; 2) kemungkinan gigi pada posisi yang tidak stabil setelah perawatan, sehingga tekanan jaringan lunak dapat menimbulkan relaps.¹⁰

Retainer yang paling sering digunakan adalah retainer lepasan yang merupakan piranti pasif yang dapat dilepas dan dipasang oleh pasien sendiri. Ketaatan pasien sangat menentukan keberhasilan alat ini



Gambar 13 Retainer Lepasan.¹⁰

Retainer Hawley didesain oleh Charles Hawley pada tahun 1920 yang merupakan retainer lepasan yang paling sering digunakan. Jenis klasik terdiri atas klamer pada gigi molar dan busur labial yang terbentang dari kaninus ke kaninus dengan *loop* yang dapat diatur.¹⁰

Disimpulkan bahwa gerakan gigi ortodontik didasarkan pada prinsip biologis. Kekuatan intermiten atau kontinyu diterapkan pada gigi, mengubah pemuatan sistem mekanis dan memunculkan respon sel yang mengarah pada adaptasi tulang pada fungsi yang baru.