

Perbedaan Lebar Ruang Ligamen Periodontal Daerah Tarikan Pada Gigi Tikus Wistar Jantan Yang Di Induksi Gaya Mekanik Ortodonti Yang Diberi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh

(Differences in the width of the periodontal ligament space tensile areas on teeth of male Wistar rats induced by orthodontic mechanical force given Wuluh starfruit leaf extract)

Peni Pujiastuti ¹, Happy Harmono ², Saufa Alfi ³

¹Bagian Periodonsia, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, Indonesia

²Bagian Biomedik, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, Indonesia

³Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, Indonesia

Abstrak

Maloklusi merupakan ketidaksesuaian hubungan lengkung geligi dan lengkung rahang yang menyimpang dari keadaan normal. Cara yang tepat dalam memperbaiki maloklusi adalah perawatan ortodonti. Akan tetapi perawatan ortodonti biasanya membutuhkan waktu lama sekitar 1-2 tahun. Lamanya perawatan menjadi masalah utama dalam perawatan ortodontik. Untuk itu, diperlukan suatu upaya untuk mempercepat perawatan ortodontik. Salah satunya dapat menggunakan ekstrak daun belimbing wuluh sebagai pemanfaatan tanaman herbal. Penelitian ini untuk mengetahui perbedaan lebar ruang ligamen periodontal daerah tarikan pada gigi tikus wistar jantan yang di induksi gaya mekanik ortodonti yang diberi ekstrak daun belimbing wuluh. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan rancangan post- test control group design. Dua puluh empat ekor tikus wistar jantan digunakan sebagai sampel. Sampel dibagi menjadi 2 dua kelompok yaitu kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. Ekstrak daun belimbing wuluh diberikan pada kelompok perlakuan, sedangkan kelompok kontrol tidak diberikan ekstrak daun belimbing wuluh. Kelompok perlakuan dan kontrol dilakukan euthanasia. Setelah itu dilakukan pemotongan jaringan pada gigi M-1 rahang atas kanan yang diambil untuk dibuat preparat histologis yang diwarnai dengan Hematoxylin Eosin. Rerata lebar ruang ligamen periodontal kelompok perlakuan lebih sempit dibandingkan kelompok kontrol pada hari ke-7, ke-14, dan ke-21. Ekstrak daun belimbing wuluh dapat mengurangi lebar ruang ligamen periodontal pada daerah tarikan gigi tikus Wistar jantan (*Rattus Norvegicus*) yang diinduksi gaya mekanis ortodonti dengan pemberian ekstrak daun belimbing wuluh daripada tanpa pemberian ekstrak daun belimbing wuluh.

Kata kunci: Ekstrak daun belimbing wuluh, Ortodonti, Ruang ligamen periodontal

Abstract

*Malocclusion is a mismatch of the relationship between the dental arch and the jaw arch that deviates from the normal state. The right way to correct malocclusion is orthodontic treatment. However, orthodontic treatment usually takes about 1-2 years. The length of treatment is a major problem in orthodontic treatment. For this reason, an effort is needed to accelerate orthodontic treatment. One of them can use starfruit leaf extract for herbal plants. This study was conducted to determine the difference in the width of the periodontal ligament space in the tension area on the teeth of male Wistar rats induced by orthodontic mechanical force given starfruit leaf extract. This research is a laboratory experimental research with a post- test control group design. Twenty-four male Wistar rats were used as samples. The sample was divided into two groups, namely the control group and the treatment group. Starfruit leaf extract was given to the treatment group, while the control group was not given starfruit leaf extract. The treatment and control groups were euthanized on days 8, 15, and 22. After euthanasia, tissue was cut on the right maxillary M-1 tooth which was taken to make histological preparations stained with Hematoxylin Eosin. The mean width of the periodontal ligament space in the treatment group was narrower than the control group on the 7th, 14th, and 21st days. Starfruit leaf extract can reduce the width of the periodontal ligament space in the tooth pull area of male Wistar rats (*Rattus Norvegicus*) induced by orthodontic mechanical forces by giving starfruit leaf extract rather than without starfruit leaf extract.*

Keywords: Orthodontic, Periodontal ligament space, Wuluh starfruit leaves extract

Korespondensi (Correspondence) : Saufa Alfi. Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, Jl. Kalimantan No 37 Jember, Indonesia. Email: saufa.adi@gamil.com

Masalah Kesehatan gigi dan mulut di Indonesia masih menjadi masalah yang memiliki angka kejadian tinggi. Berdasarkan data RISKESDAS 2018, masalah kesehatan gigi dan mulut di Indonesia mencapai 57,6% salah satunya adalah maloklusi. Maloklusi merupakan ketidaksesuaian hubungan lengkung geligi dan lengkung rahang yang menyimpang dari keadaan normal. Cara yang tepat dalam memperbaiki maloklusi adalah perawatan ortodonti. Akan tetapi perawatan ortodonti biasanya membutuhkan waktu lama sekitar 1 sampai 2 tahun bahkan bisa lebih lama lagi. Selain durasi waktu yang lama biaya perawatan ortodonti yang cukup relatif mahal membuat pasien malas untuk melakukan kontrol perawatan ortodonti sehingga dapat memperburuk oral

hygiene pasien. Oleh karena itu, dibutuhkan upaya untuk mempercepat perawatan ortodonti.¹

Dalam perawatan ortodonti akan menimbulkan suatu pergerakan gigi dan menimbulkan dua daerah yaitu daerah tekanan dan daerah tarikan. Pada daerah tekanan ruang ligamen periodontal menyempit akibat gaya mekanis yang menekan gigi ke arah dinding soket dan merangsang terjadinya resorpsi tulang oleh osteoklas. Pada daerah tarikan ruang ligamen periodontal akan melebar dimana serat ligamen periodontal merenggang dan terjadi pembentukan tulang.² Pada saat proses pembentukan tulang di daerah tarikan, tulang akan mengalami aposisi dimana tulang dengan sendirinya akan melakukan proses osteogenesis dengan membentuk formasi tulang baru yang dilakukan oleh sel pembentuk tulang yang disebut

dengan sel osteoblas. Pembentukan sel osteoblas melalui proses proliferasi, maturasi, dan proses mineralisasi.^{2,3}

Ruang ligament periodontal merupakan penghubung antara akar yang melekat pada sementum dengan tulang alveolar. Pada saat gaya mekanik ortodonti diaplikasikan akan menyebabkan adanya reaksi inflamasi dalam jaringan periodontal yang memicu aktivasi sel melakukan *remodeling* jaringan periodontal sehingga terjadilah pergerakan gigi.⁴ Pemberian Gaya mekanik ortodonti tersebut akan menghasilkan sintesis lokal dan mengeluarkan berbagai molekul, seperti sel prostaglandin, *growth factor*, dan beberapa sitokin seperti IL-1, IL-6 dan TNF- α yang merupakan mediator terjadinya inflamasi.⁵

Saat fase awal inflamasi, terjadi migrasi sel seperti neutrofil serta makrofag yang masuk ke dalam jaringan, sel-sel ini akan memproduksi ROS (*Reactive Oxygen Spesies*) atau radikal bebas apabila berlebihan dapat memicu terjadinya stres oksidatif dan dapat merusak sel-sel di dalam tubuh.⁵ Stres oksidatif yang terdapat dalam proses inflamasi akan menurunkan antioksidan alami di dalam tubuh sehingga stres oksidatif dapat menghambat proses osteogenesis dan dapat merusak sel serta jaringan. Efek utama hal tersebut berdampak pada pelebaran ruang ligamen periodontal dan retensi dari perawatan ortodonti.⁶ Maka dari itu diperlukan suatu upaya yang dapat melindungi dan jaringan terhadap ROS yang berlebihan yaitu antioksidan pada tanaman herbal. Adanya antioksidan sebagai sistem pertahanan tubuh, maka radikal bebas yang ada di dalam tubuh akan ternetralisir. Antioksidan selain mampu memperbaiki kerusakan akibat ROS berlebih juga dibutuhkan pada proses pematangan sel osteoblas sehingga dengan cepat membentuk formasi tulang baru.^{6,7,8}

Daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) adalah salah satu tanaman di Indonesia yang mudah didapat dan tumbuh di sekitar pekarangan rumah serta relatif lebih murah. Ekstrak daun belimbing wuluh mengandung senyawa fitokimia flavonoid, fenol, alkaloid, saponin, tanin, dan triterpenoid.⁹ Kemampuan flavonoid diyakini mempunyai efek antiinflamasi dan antioksidan yang mempunyai manfaat dalam menghambat mediator inflamasi serta mampu mereduksi radikal bebas dan juga sebagai anti radikal bebas yang melindungi sel dan jaringan dari kerusakan oksidatif.⁷ Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengetahui perbedaan lebar ruang ligamen periodontal daerah tarikan pada gigi tikus wistar jantan yang di induksi gaya mekanis ortodonti yang diberi ekstrak daun belimbing wuluh.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental laboratoris dengan rancangan penelitian *the post test control group design*. Sebelumnya membuat keterangan kelaikan etik penelitian yang diproses bertujuan agar peneliti dapat melaksanakan penelitian dengan

serangkaian hewan coba. Keterangan kelaikan etik penelitian ini telah dikeluarkan oleh Komite Etik Penelitian (KEPK) dan dinyatakan baik etik dengan nomor 1436/UN 25.8/KEPK/DL/2021, Sampel yang digunakan adalah 24 ekor tikus Wistar jantan yang dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok kontrol yang tidak diberikan perlakuan apapun dan kelompok perlakuan yang diberi ekstrak daun belimbing wuluh. Pembuatan ekstrak daun belimbing wuluh diawali dengan pembuatan ekstrak dengan metode maserasi, menggunakan pelarut etanol 96%. Hasil ekstrak yang diperoleh berupa sediaan ekstrak kental.⁹ Dari sediaan tersebut diambil 28 mg kemudian dilarutkan dengan aquadest 2 ml sehingga dosis yang akan diberikan adalah 28 mg ekstrak dalam 2 ml aquades.

Semua sampel dilakukan anestesi menggunakan ketamin dengan dosis 0,2 ml/grBB dan xylazine 0,1 ml/grBB dengan cara menyuntikkan ke paha bagian belakang hewan coba yaitu secara intramuscular pada musculus quadriceps/triceps. Selanjutnya, pada gigi M1 RA kanan dan pada kedua gigi insisivus RA yang diberi kawat ligature (3M Unitek, Germany) diameter 0,20 mm, dengan tujuan melihat perbedaan lebar ruang ligamen periodontal setelah dilakukan pergerakan. Kemudian gigi M1 RA kanan digerakkan ke mesial menggunakan *Tension gauge* dengan *Nickel Titanium Orthodontic closed coil spring* sebagai induksi gaya mekanik ortodonti dengan kekuatan sebesar 5 oz (141,75 gram dengan Panjang 6 mm selama 7, 14 dan 21 hari. Selanjutnya pada kelompok perlakuan dilakukan sondase ekstrak daun belimbing wuluh dengan dosis 28 mg/ 200 gr BB secara per oral menggunakan sonde lambung setiap harinya 1 kali dalam sehari sampai sehari sebelum dilakukan dekaputasi.

Sampel dilakukan dekaputasi pada hari ke-8, ke-15, dan hari ke-22 dengan cara melakukan anestesi pada hewan coba secara inhalasi menggunakan larutan eter yang ada di dalam tabung berisi kapas, kemudian memasukkan hewan coba ke dalam tabung ditutup dan tunggu hingga hewan coba mati. Untuk selanjutnya dilakukan pembuatan sediaan histologis menggunakan pemotongan mikrotom dengan arah mesio-distal. Pemotongan jaringan ini dilakukan dengan arah mesio-distal pada jaringan yang telah diletakkan pada holder mikrotom dengan pengulangan pemotongan sebanyak 2-3 kali untuk setiap sampel. Potongan jaringan yang diperlukan adalah terdapat bentuk gigi dan tulang alveolar utuh pada bagian tarikan dan tekanan. Potongan jaringan yang telah memenuhi kriteria, diambil dengan menggunakan kuas dan diletakkan di atas permukaan air waterbath dengan temperatur 45°C hingga sayatan jaringan mekar. Sayatan yang telah mekar diambil dengan obyek glass, kemudian dikeringkan di atas hot plate, dan dimasukkan dalam oven dengan suhu sekitar 30°-35°C minimal selama 12 jam sehingga akan terlihat gambaran ruang ligamen periodontal. Kemudian, dilakukan prosedur pewarnaan dengan pengecatan Hematoxylin-Eosin (HE). Penelitian ini diamati dengan cara mengamati sediaan

jaringan di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x untuk melakukan pengukuran lebar ruang ligamen periodontal pada tiga lapang pandang yang terpilih yaitu dari 1/3 puncak tulang alveolar, tengah dan apikal. Selanjutnya diukur menggunakan aplikasi image raster 3.0 pada setiap lapang pandang dengan memilih terlebar, tersedang dan tersempit.

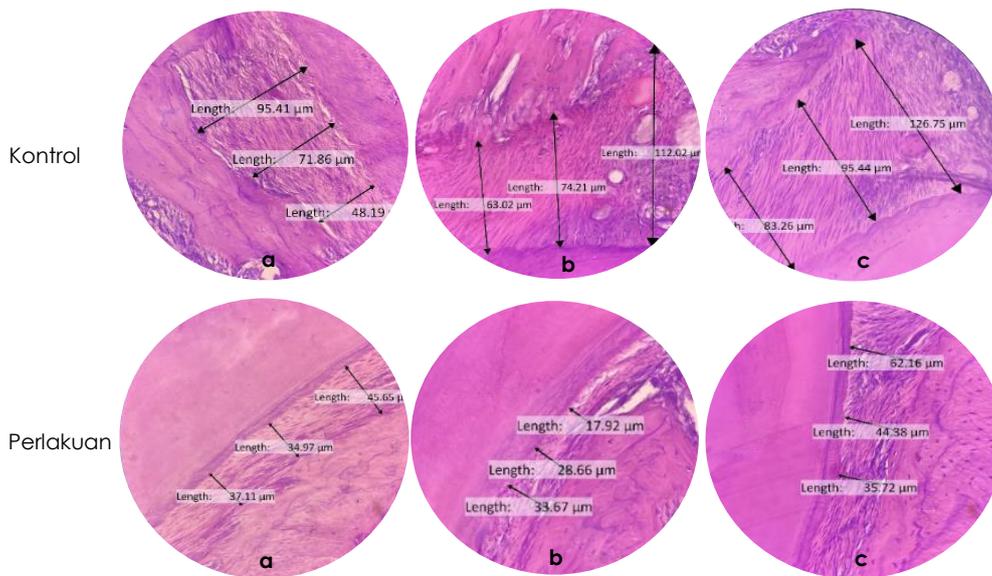
Data hasil yang telah didapat diuji normalitasnya menggunakan uji Shapiro wilk dan diuji homogenitasnya dengan uji Levene. Kemudian, dianalisis menggunakan uji parametrik, *One Way Anova* dilanjutkan dengan *pos hoc test* yaitu uji *Least Significant Difference (LSD)*.

HASIL

Hasil penelitian diamati pada mikroskop dan terlihat gambaran histologis ruang ligament periodontal setiap kelompoknya (Gambar 1). Berdasarkan pengamatan dan perhitungan menggunakan mikroskop binokuler dengan pembesaran 400x terhadap ruang ligament periodontal didapatkan lebar rerata ruang ligament periodontal pada masing-masing kelompok (Tabel 1).

Berdasarkan Tabel 1. menunjukkan bahwa terjadi pengurangan lebar ruang ligament periodontal secara signifikan seiring bertambahnya hari. Lebar ruang ligament periodontal pada kelompok perlakuan dengan ekstrak daun belimbing wuluh lebih sempit dibandingkan dengan lebar ruang ligament periodontal pada kelompok kontrol. Lebar ruang ligament periodontal tertinggi berada pada kelompok kontrol pada hari ke-21 dengan jumlah rerata 228,78 dan terendah berada pada kelompok perlakuan pada hari ke-21 dengan jumlah rerata 121,23.

Hasil uji *Saphiro Wilk* didapatkan nilai $p \geq 0,05$ artinya data berdistribusi normal. Hasil uji Levene didapatkan nilai $p \geq 0,05$ yang artinya data homogen. Selanjutnya dilakukan Uji parametrik menggunakan *One Way Anova* dan didapatkan hasil $p \leq 0,05$, yang artinya terdapat perbedaan yang signifikan pada setiap kelompok. Kemudian dilanjutkan hasil uji *LSD* didapatkan bahwa semua antar kelompok berbeda secara signifikan yaitu memiliki nilai $p < 0,05$. Kecuali, pada kelompok kontrol pada hari ke-14 dengan kelompok kontrol hari ke-21 dan kelompok perlakuan hari ke-14 dengan kelompok perlakuan hari ke-21 yang memiliki nilai signifikansi $p > 0,05$



Gambar 1. Gambaran histologis ruang ligament periodontal tikus wistar jantan yang diamati menggunakan mikroskop pembesaran 400x dengan pewarnaan Haematoxilin-eosin. Gambar atas (a) Kelompok kontrol hari ke-7, (b) Kelompok kontrol hari ke-14, (c) Kelompok kontrol hari ke-21, Gambar bawah (a) Kelompok perlakuan hari ke-7, (b) Kelompok perlakuan hari ke-14, dan (c) Kelompok perlakuan hari ke-21

Tabel 1. Rerata ± Simpang baku perbedaan lebar ruang ligamen periodontal pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan pada daerah tarikan.

Waktu penelitian	Rerata±SD Kelompok Kontrol	Rerata±SD Kelompok Perlakuan
Hari ke-7	186.43±11.84 *	158.84±8.91*
Hari ke-14	224.71±3.90	122.17±22.91
Hari ke-21	228.78±9.01*	121.23±11.61

Keterangan:

* : Terdapat perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan lebar ruang ligamen periodontal daerah tarikan pada gigi tikus wistar jantan yang di induksi gaya mekanik ortodonti yang diberi ekstrak daun belimbing wuluh dan tanpa pemberian ekstrak daun belimbing wuluh dengan kelompok observasi 7 hari, 14 hari dan 21 hari. Data penelitian diperoleh berdasarkan sampel sebanyak 24 sampel dengan 4 sampel dalam tiap kelompok,

Pada kelompok kontrol didapatkan bahwa hari ke-7 dan ke-14 menunjukkan pergerakan gigi dengan peningkatan yang signifikan sehingga ruang ligamen periodontal tampak melebar. Kemudian pada kelompok kontrol hari ke-21 pergerakan gigi mulai berkurang sehingga peningkatan tidak signifikan. Namun pergerakan gigi masih terjadi sehingga lebar ruang ligamen periodontal paling lebar terdapat pada kelompok kontrol hari ke-21. Ruang ligamen periodontal yang melebar merupakan dampak dari proses resorpsi dan aposisi tulang alveolar saat pergerakan gigi terjadi. Pada daerah tekanan terjadi proliferasi sel osteoklas dengan waktu sekitar 5-14 hari setelah tekanan ortodonti diberikan.¹¹ Meningkatnya proliferasi osteoklas mengakibatkan proses resorpsi yang terjadi semakin meningkat. Hal ini yang mengakibatkan ruang ligamen periodontal di daerah tarikan cenderung melebar pada saat perawatan ortodonti. Hasil penelitian ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sinaga, B.S. (2018) yang mengamati Perbedaan jarak pergerakan gigi ortodonti terhadap waktu pada guinea pig yang menunjukkan bahwa waktu pergerakan gigi 3-7 hari terjadi peningkatan pergerakan gigi dan pada 7-14 hari terjadi peningkatan pergerakan gigi dengan cepat. Kemudian pada 14-21 hari tetap terjadi peningkatan pergerakan gigi namun tidak signifikan.³

Pada fase pergerakan gigi, hari ke ke 7-14 merupakan fase peralihan antara initial phase dan lag phase dimana gigi akan berpindah dengan cepat sekitar 24-48 jam setelah pemberian pertama aplikasi gaya mekanik ortodonti. Reaksi selular dan jaringan terjadi pada initial phase sehingga menyebabkan tekanan dan regangan pada serabut ligamen periodontal dan munculnya sel inflamasi. Proses ini mengawali rekrutmen dari progenitor osteoklas dan osteoblas. Setelah itu akan memasuki fase pergerakan lambat (lag phase) pada fase ini dapat terjadi sekitar 14-21 hari dimana aktivitas osteoklas dalam remodeling tulang alveolar sudah mulai menurun. Terlihat sedikit perubahan atau tidak ada perubahan yang disebabkan karena terjadi hialinisasi pada ligamen periodontal yang mengalami tekanan.^{3,12} Gambaran pada kelompok kontrol tersebut digunakan sebagai indikator menentukan ada tidaknya pengurangan lebar ruang ligamen periodontal daerah tarikan pada kelompok perlakuan.

Pada kelompok perlakuan menunjukkan bahwa pemberian ekstrak daun belimbing wuluh mampu mengurangi lebar ruang ligament periodontal. Pada kelompok perlakuan

didapatkan bahwa hari ke-7 dan ke-14 mengalami pengurangan lebar ruang ligamen periodontal yang signifikan. Hal ini disebabkan karena adanya potensi dari kandungan senyawa pada ekstrak daun belimbing wuluh berupa antioksidan, antiinflamasi dan immunomodulator yang mempengaruhi jaringan di sekitar ruang ligamen periodontal.¹³ Pada kelompok perlakuan hari ke-21 lebar ruang ligamen periodontal dibandingkan dengan hari ke-14 hanya berkurang sedikit atau tidak signifikan. Hal tersebut disebabkan karena pada kelompok perlakuan hari ke-21 mengalami penurunan jumlah pembentukan sel tetapi pada sisi tarikan sel osteoblas bertanggung jawab dalam pembentukan matriks organik tulang dan mengalami mineralisasi menjadi tulang. Hal ini dapat disebabkan karena pertumbuhan osteoblas yang mulai stabil. Osteoblas pada kelompok perlakuan sudah mulai terjebak didalam matriks menjadi osteosit dibandingkan dengan kelompok kontrol dimana deposisi matriks tulang oleh osteoblas menjadi osteosit masih sedikit. Selain itu, terlihat pada sisi tekanan pergerakan gigi sudah memasuki lag phase disebut sebagai pergerakan yang terhenti. Fase ini terjadi ketika osteoklas sudah terekruit dan osteoblas teraktivasi.^{3,12,14} Sehingga lebar ruang ligamen periodontal tersempit adalah kelompok perlakuan hari ke-21.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan. Perbedaan tersebut disebabkan karena adanya kandungan dari ekstrak daun belimbing wuluh berupa antioksidan seperti flavonoid dan fenol yang tinggi, juga terdapat tanin dan saponin. Aktivitas antioksidan tinggi yang terkandung dalam ekstrak daun belimbing wuluh berupa senyawa fenol yang bekerja dengan menangkalkan radikal bebas yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan oksidatif. Serta, flavonoidnya yang tinggi berperan penting dalam peningkatan jumlah sel dan mampu mencegah kerusakan sel akibat peningkatan ROS karena terjadi inflamasi periodontal selama perawatan ortodonti.^{9,13} Flavonoid sebagai antioksidan secara in vitro telah dibuktikan dengan banyak studi penunjang bertahun-tahun kebelakang dan dianggap potensial akan merubah produk Reactive Oxygen Species (ROS) yang dilepaskan pada saat aplikasi gaya mekanis ortodonti menjadi produk yang lebih stabil. Hal ini juga didukung oleh beberapa penelitian yang menyatakan gugus hidroksil pada flavonoid diyakini yang paling berperan dan memiliki reaktivitas yang tinggi sebagai donor hidrogen akan menstabilkan radikal bebas.^{14,15}

Kemampuan ekstrak daun belimbing wuluh dalam meningkatkan jumlah sel osteoblas untuk pembentukan tulang baru juga didukung oleh penelitian Guney *et al.* (2011) yang meneliti efek propolis pada sistem antioksidan dan penyembuhan fraktur. Dalam penelitian tersebut menyebutkan bahwa flavonoid berperan penting dalam pembentukan tulang baru, dengan merangsang pematangan osteoblas.¹⁴ Flavonoid terbukti juga mampu mengurangi resorpsi tulang alveolar dengan menurunkan ekspresi RANKL dan

meningkatkan ekspresi OPG sehingga menghambat osteoklastogenesis. Dimana osteoklastogenesis yang dihambat dapat menurunkan jumlah osteoklas sehingga resorpsi tulang dapat berkurang. Proses tersebut menyebabkan lebar ruang ligamen periodontal berkurang.^{12,13,14}

Kandungan senyawa pada daun belimbing wuluh selain mampu menghasilkan antioksidan juga mampu menghasilkan aktivitas imunomodulator dan efek antiinflamasi. Senyawa yang berpotensi sebagai agen imunomodulator adalah flavonoid dan saponin. Kandungan tersebut berfungsi dalam pelepasan mediator inflamasi berupa IL-1, IL-6 dan TNF- α serta memberikan efek yang dapat meningkatkan aktivasi makrofag karena, peran imunomodulator dapat mempengaruhi IFN- γ yang dapat mengaktifkan lebih banyak monosit sehingga meningkatkan makrofag. Keberadaan makrofag akan membuat lebih banyak *growth factor* seperti TGF- β , bFGF dan VEGF yang akan meningkatkan jumlah sel baru dan pembentukan jaringan yang berlangsung lebih cepat. Selain itu, ekstrak daun belimbing wuluh memiliki efek antiinflamasi seperti flavonoid, fenol, alkaloid, saponin dan triterpenoid yang bertanggung jawab terhadap aktivitas antiinflamasi sehingga mempercepat proses inflamasi ke tahap proliferasi sel.^{13,17} Hal ini didukung dengan penelitian Schetter *et al.* (2010) yang menyatakan bahwa remodeling tulang diregulasi oleh sejumlah sitokin, *growth factor* yang mempunyai efek pada tulang terutama osteoblas dan osteoklas. Selain itu, didukung juga dengan penelitian sebelumnya oleh Wardani *et al.*, (2018) yang menyatakan bahwa pemberian ekstrak daun belimbing wuluh dapat meningkatkan jumlah makrofag pada mencit yang diberi perlakuan berupa luka sayat pada kulit punggung mencit karena pengaruh antiinflamasi, antioksidan yang cukup tinggi dari daun belimbing wuluh. Penelitian tersebut telah menunjukkan bahwa daun belimbing wuluh memiliki efek antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba.¹³

Kesimpulan penelitian ini adalah terdapat perbedaan lebar ruang ligamen periodontal daerah tarikan pada gigi tikus wistar jantan yang di induksi gaya mekanis ortodonti yang diberi ekstrak daun belimbing wuluh.

DAFTAR PUSTAKA

- Ryudensa, O. A., Kusumandari, W., & Wulandari, I. S. (2019). Perbedaan Tingkat Keperawatan Maloklusi dan Tingkat Kesadaran Perawatan Ortodonti antara Mahasiswa FKG dan FMIPA. In *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Unimus* (Vol. 2).
- Amin, M. N., & Permatasari, N. (2016). Aspek biologis pergerakan gigi secara ortodonti. *STOMATOGNATHIC-Jurnal Kedokteran Gigi*, 13(1), 22-27.
- Sinaga, B. S. (2018). Perbedaan Jarak Pergerakan Gigi Ortodonti terhadap Waktu pada Guinea Pig.
- Suwandi, T. (2020). Keterkaitan antara bidang orthodonti dan periodonti dalam perawatan estetika rongga mulut. *Jurnal Kedokteran Gigi Terpadu*, 2(1).
- Andrade Jr, I., Sousa, A. B. D. S., & Silva, G. G. D. (2014). New therapeutic modalities to modulate orthodontic tooth movement. *Dental press journal of orthodontics*, 19(6), 123-133.
- Bahirrah, S., Nainggolan, L. I., & Pasaribu, P. (2019). Effect of Vitamin C on Tooth Movement Based on Periodontal Ligament Space in Guinea Pigs. *Dental Journal*, 22(2),: 39-43
- Arief, H., & Widodo, M. A. (2018). Peranan stres oksidatif pada proses penyembuhan luka. *Jurnal Ilmiah Kedokteran Wijaya Kusuma*, 5(2), 22-28
- Domazetovic, V., Marcucci, G., Iantomasi, T., Brandi, M. L., & Vincenzini, M. T. (2017). Oxidative stress in bone remodeling: role of antioxidants. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*, 14(2), 209.
- Hasim, H., Arifin, Y. Y., Andrianto, D., & Faridah, D. N. (2019). Ekstrak Etanol Daun Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi) sebagai Antioksidan dan Antiinflamasi. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 8(3), 86-93.
- Widyastuti, W., Damaiyanti, D. W., Mulawarmanti, D., Sari, C. A., & Siwi, D. A. (2020). Lemuru fish oil gel as host modulation therapy in periodontal ligaments induced with Porphyromonas gingivalis. *Dental Journal (Majalah Kedokteran Gigi)*, 53(4), 229-234.
- Miresmaeili, A., Mollaei, N., Azar, R., Farhadian, N., & Kashani, K. M. (2015). Effect of dietary vitamin C on orthodontic tooth movement in rats. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, 12(6), 409-413.
- Fadila, P. N. (2020). *Biomekanika pergerakan gigi dalam percepatan perawatan ortodonti* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Wardani, I. G. A. A. K., Adrianta, K. A., & Megawati, F. (2018). Pengaruh Pemberian Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi L.) Terhadap Penyembuhan Luka Sayat Pada Mencit Jantan (Mus musculus L.). *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 4(1), 40-43.
- Darmadi, D dan Mustamir, E. (2016). The effect of propolis on increasing the number of osteoblasts and chondrocytes, and decreasing the number of osteoclasts in wistar rats

- (Rattusnovergicus) with femoral bone fracture. IOSR journal of dental and medical sciences. 15(12): 95-90.
15. Kovac, V., B. Poljsak., G. Perinetti., dan J. Primožic. (2019). Systemic Level of Oxidative Stress during Orthodontic Treatment with Fixed Appliances. BioMed research international. 2019: 1-6.
 16. Sandana, I. K. I., Velisia, J., Yunior, A., Brahmanta, A., & Prameswari, N. (2017). Potensi gel *Stichopus hermanii* dan Hyperbaric Oxygen Therapy untuk mempercepat perawatan ortodonti Potential of *Stichopus hermanii* gel and Hyperbaric Oxygen Therapy in accelerating orthodontic treatment. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran*, 29(3).
 17. Arifin, Yupi yulianita, (2017). Ekstrak Etanol Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi*) Sebagai Antioksidan Dan Antiinflamasi. Institut Pertanian Bogor.