

PERBANDINGAN BESAR FRIKSI ANTARA EMPAT MACAM BRAKET STAINLESS STEEL BARU DAN DAUR ULANG

Taufik Nur Alamsyah*, Sri Suparwitri**, Prihandini Iman**

*Program Studi Ortodonsia, Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

**Bagian Ortodonsia, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

ABSTRAK

Proses daur ulang braket *stainless steel* dilakukan oleh praktisi klinis bertujuan untuk penghematan biaya daripada menggunakan braket baru. Pembakaran pada proses daur ulang menyebabkan berkurangnya daya tahan terhadap korosi dan menghasilkan kekasaran permukaan berupa pembentukan pit dan goresan-goresan pada permukaan logam sehingga berpengaruh terhadap peningkatan friksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan besar friksiantara braket *stainless steel* baru dan daur ulang.

Penelitian menggunakan 96 braket *stainless steel* Roth slot 0,022" gigi incisivus atas yang terdiri dari empat macam braket (A, B, C, dan D) masing-masing 24 braket. Tiap macam braket dibagi menjadi dua kelompok (kelompok I braket baru dan kelompok II braket daur ulang). Setiap kelompok dibuat 3 set braket dimana tiap set braket terdiri dari 4 buah braket (braket gigi 11, 12, 21 dan 22) yang dilekatkan pada penggaris logam dan kawat lurus *stainless steel* 0,018"x0,022" sepanjang 10 cm dipasang dan diligasi dengan *power o*. Besar friksi diukur menggunakan *Universal Testing Machine* dan data yang telah diperoleh dianalisis menggunakan statistik Anava dua jalur.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata besar friksi braket *stainless steel* daur ulang dengan metode pembakaran lebih besar daripada rerata besar friksi pada braket *stainless steel* baru dan terdapat interaksi antara empat macam braket *stainless steel* baru dan daur ulang. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan besar friksi sebesar 28,9% antara braket *stainless steel* baru dan daur ulang.

Kata kunci : braket *stainless steel* Roth, daur ulang, pembakaran, friksi.

ABSTRACT

The using of recycled stainless steel brackets was frequently performed by clinicians to reduce cost rather than using new stainless steel brackets. Burning process during preparation of recycled stainless steel brackets may decrease bracket's resistance to corrosion and cause pit and scratch-like surface roughness. These two conditions may lead to increasing friction of the bracket.

The Aim of this study was to investigate friction force between new and recycled stainless steel brackets. 96 Maxillary incisor Roth stainless steel brackets Slot 0.022" from four different brands were used in this study. The brackets were grouped according to the brand and type (new and recycled). The brackets were attached to metal ruler. A 10 cm 0.018"x 0.022" straight wire was placed on the brackets and then ligated with *power o*. Friction force was measured by *Universal Testing Machine*. Data from the study was analysed statistically with Two Way ANOVA.

The result of this study showed that mean friction force of recycled stainless steel brackets was higher than mean friction force of new stainless steel brackets and it have interaction between new and recycled stainless steel brackets. It is concluded that there were 28,9% increasing of friction force between new and recycled stainless steel brackets.

Keywords: Roth stainless steel bracket, recycle, burning, friction

PENDAHULUAN

Alat ortodontik adalah alat yang menyalurkan tekanan ringan terhadap gigi atau kelompok gigi dan jaringan pendukungnya sehingga menghasilkan perubahan pada tulang untuk menggerakkan gigi atau memodifikasi pertumbuhan rahang. Alat ortodontik secara umum dapat dikelompokkan menjadi alat lepasan dan alat cekat¹. Braket adalah salah satu komponen dasar dari alat ortodontik cekat. Bahan penyusun utama braket umumnya terbuat dari logam, keramik, plastik, dan komposit². Braket logam

yang mendekati kriteria ideal sebagai alat dalam perawatan ortodontik adalah *stainless steel* karena mempunyai kelebihan daripada bahan yang lain antara lain memiliki kekuatan tinggi, tahan korosi, dan harga relatif murah³. *Stainless steel* merupakan logam campuran dari besi (komponen utama), kromium 18%-20%, nikel 8%-10% dengan sejumlah kecil mangan, silikon, dan karbon yang kadar kandungan kurang dari 0,1%⁴.

Proses daur ulang braket dilakukan oleh praktisi klinis bertujuan untuk penghematan biaya daripada menggunakan braket baru⁵. Alasan lain

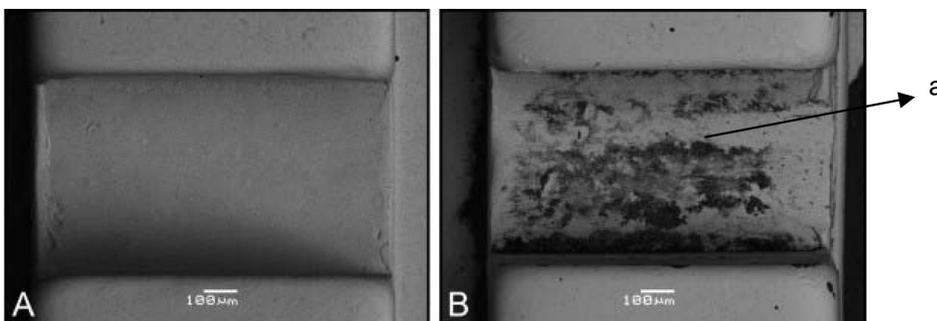
daur ulang braket merupakan pilihan karena tidak semua produsen merek braket mempunyai *refill* individual dari braket yang beredar di pasaran. Prosedur daur ulang braket meliputi pelepasan bahan *adhesive* dari dasar braket dan dilanjutkan dengan pemolesan (*electropolishing*). Pelepasan bahan *adhesive* dapat menggunakan bahan kimia ataupun dengan cara pemanasan⁶. Proses pemanasan atau pembakaran pada braket *stainless steel* akan berpengaruh pada mikrostruktur dari braket tersebut. Pemanasan braket *stainless steel* pada suhu 400°-900°C menyebabkan ion karbon dengan cepat bermigrasi ke permukaan, kemudian diikuti ion kromium dan kedua jenis ion tersebut akan bersenyawa pada permukaan *stainless steel* membentuk endapan kromium karbida ($Cr_{23}C_6$) yang bersifat korosif sehingga menurunkan ketahanan terhadap korosi pada *stainless steel*⁷. Penggunaan braket daur ulang mempengaruhi terjadinya korosi. Proses terjadinya korosi selalu diikuti dengan pelepasan ion dari unsur logam tersebut⁸. Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi logam, yaitu : (1) komposisi, (2) metode pembuatan, (3) kekasaran permukaan, (4) pemanasan, dan (5) lingkungan atau cairan sekitar⁹. Korosi pada logam *stainless steel* menghasilkan kekasaran permukaan pada permukaan logam tersebut berupa pembentukan pit dan goresan-goresan pada permukaan yang mengalami korosi¹⁰ (Gambar 1).

Metode yang paling umum digunakan untuk menggerakkan gigi pada perawatan ortodontik adalah dengan mekanika peluncuran (*sliding mechanism*), yakni pergerakan gigi sepanjang kawat busur secara berkelanjutan menggunakan braket ortodontik¹². Kerugian dari *sliding mechanism* adalah menimbulkan friksi antara braket dengan kawat busur yang menghambat

pergerakan gigi ke arah yang diinginkan.

Friksi merupakan gaya resistensi terhadap gerakan suatu benda yang bergerak bersinggungan dengan benda lain. Gaya tersebut bekerja pada bidang kontak antara braket dan kawat busur yang berlawanan dengan gerakan peluncuran gigi sepanjang kawat busur. Penyebab terjadinya peningkatan friksi antara braket dengan kawat busur adalah multifaktor. Kekasaran permukaan merupakan salah satu aspek penyebab terjadinya peningkatan besar friksi pada mekanika peluncuran. Hal tersebut berpengaruh pada kecepatan gerakan gigi, rasio momen dengan gaya pada gigi geligi, dan pusat rotasi gigi sehingga meningkatkan resiko kehilangan penjangkaran¹³. Friksi pada ortodontik dapat mengurangi efisiensi alat ortodontik dan menghasilkan penurunan kecepatan pergerakan gigi. Besar gaya yang hilang untuk mengatasi besar friksi yang terjadi berkisar antara 12%-60% sehingga mengakibatkan penambahan tarikan pada penjangkaran dan mengurangi kecepatan pergerakan gigi¹⁴. Perawatan ortodontik yang benar adalah perawatan yang menghasilkan kecepatan pergerakan maksimum dengan kerusakan permanen minimal pada akar gigi, ligamen periodontal, dan tulang alveolar. Indikator biologis yang penting antara lain : respon sel, kerusakan jaringan, dan rasa sakit, namun efisiensi perawatan ortodontik lebih diutamakan pada hubungan antara besar tekanan ortodontik dan kecepatan pergerakan gigi selama perawatan aktif¹⁵.

Empat macam braket yang diteliti mewakili macam merek braket yang beredar di pasaran dan rentang harga yang berbeda. Braket dengan harga mahal yaitu braket A, braket B yang mempunyai harga lebih murah, kemudian braket C, dan braket D yang merupakan braket yang



Gambar 1. Gambaran permukaan braket *stainless steel*. (A) Braket baru, (B) Braket yang terbentuk korosi¹¹

Keterangan : a. Korosi

paling murah dalam penelitian ini. Braket yang digunakan juga mempunyai beragam komposisi dan metode pembuatan yang berbeda. Braket A dan braket C menggunakan proses pembuatan metode *brazing* sedangkan braket B dan braket D dengan metode *casting*. Proses pembuatan metode *brazing* lebih rentan terjadi korosi galvanik di dalam rongga mulut sehingga kemungkinan terjadi peningkatan kekasaran permukaan pada permukaan braket menjadi lebih besar¹⁶. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perbandingan besar friksi antara empat macam braket *stainless steel* baru dan daur ulang serta untuk mengetahui interaksi antara empat macam braket *stainless steel* baru dan daur ulang terhadap besar friksi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk jenis eksperimental laboratoris. Subjek penelitian adalah 96 braket *stainless steel Roth slot 0,022"* dari empat macam braket (merek A, B, C, dan D) untuk gigi incisivus atas masing-masing merek terdiri dari 24 braket, kemudian dibagi menjadi 2 kelompok. Kelompok I merupakan braket baru (tidak dibakar), sedangkan kelompok II merupakan braket daur ulang (dibakar). Kawat *stainless steel rectangular 0,018" x 0,022"* dipasang pada braket yang telah direkatkan pada penggaris logam menggunakan lem logam dan diligasi dengan ligatur elastik (*power o*) menggunakan *gun shooter*.

Cairan saliva buatan diteteskan sebanyak satu tetes pada tiap-tiap braket yang telah diligasi dengan ligatur elastik. Ujung bawah kawat difiksasi pada penjepit bawah dan pengait kawat

bagian atas pada alat *Universal Testing Machine* dikaitkan pada lubang yang berada di ujung atas penggaris logam dan semua bagian membentuk garis lurus dan dijalankan dengan kecepatan konstan 50 mm/menit sepanjang 4 cm. Data yang diperoleh dari pengukuran besar friksi dianalisis menggunakan analisis statistik Analisis Variansi (ANOVA) 2 jalur dengan tingkat kemaknaan hasil uji statistik ditetapkan pada $p < 0,05$.

HASIL PENELITIAN

Data hasil pengukuran besar friksi pada kedua kelompok menunjukkan bahwa rerata besar friksi kelompok I (braket baru) lebih rendah dibandingkan rerata besar friksi kelompok II (braket daur ulang). Rerata dan simpangan baku kedua kelompok dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil uji Anava dua jalur pada Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna besar friksi braket baru dengan braket daur ulang, perbedaan bermakna antar macam braket, dan perbedaan bermakna interaksi antara perlakuan braket (baru dan daur ulang) dengan macam braket ($p < 0,05$).

Uji *Post Hoc Multiple Comparisons* dilakukan untuk mengetahui perbedaan signifikansi antar kelompok macam braket (Tabel 3). Hasil uji *Post Hoc Multiple Comparisons (LSD)* pada tabel 4 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna besar friksi antar macam braket A dengan braket B, braket A dengan braket D, braket B dengan braket C, braket B dengan braket D, dan braket C dengan braket D pada tingkat kemaknaan $p < 0,05$. Hasil uji yang terdapat perbedaan namun tidak bermakna adalah interaksi

Tabel 1. Nilai Rerata (X) dan simpangan baku (SB) besar friksi (dalam Newton) braket pada kelompok I (braket baru) dan kelompok II (braket daur ulang)

Kelompok perlakuan	Braket	X±SB (Newton)	n	X±SB total
I	A	3,433±0.152	3	3.800±0.419
	B	3,700±0.173	3	
	C	3,667±0.057	3	
	D	4,400±0.360	3	
II	A	5,200±0.200	3	4.900±0.415
	B	4,300±0.100	3	
	C	4,933±0.251	3	
	D	5,167±0.230	3	

Tabel 2. Rangkuman Hasil Uji Anava Dua Jalur

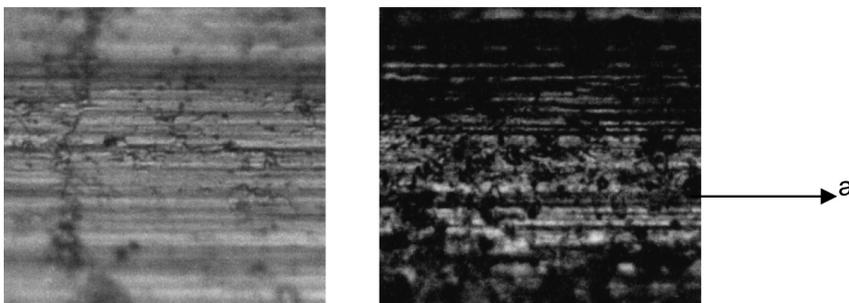
Sumber	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Rerata Kuadrat	F hitung	Sig.
Perlakuan	7.260	1	7.260	164.377	.000**
Macam	1.883	3	.628	14.214	.000**
Perlakuan * Macam	1.250	3	.417	9.434	.001**

** : bermakna pada $p < 0,05$

Tabel 3. Rangkuman Uji *Post Hoc Multiple Comparisons (LSD)* antar macam merek braket

(I) Macam Braket	(J) Macam Braket	Rerata Perbedaan (I-J)	Sig.
A	B	.316	.019**
	C	.016	.892
	D	-.467	.001**
B	C	-.300	.025**
	D	-.783	.000**
C	D	-.483	.001**

** : bermakna pada $p < 0,05$



Gambar 2. Permukaan slot braket *stainless steel* baru (kiri) dan braket *stainless steel* daur ulang (kanan) dengan mikroskop optik perbesaran 160x.

Keterangan : a. Endapan kromium karbida

antar braket A dengan braket C ($p > 0,05$).

Pengamatan secara mikroskopik dilakukan pada subyek penelitian untuk mengamati secara seksama keadaan permukaan braket *stainless steel* setelah dilakukan pengujian. Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan antara braket *stainless steel* baru yang memiliki permukaan baik dan braket *stainless steel* daur ulang yang memiliki permukaan dengan endapan kromium karbida (Gambar 2).

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa besar friksi braket *stainless steel* daur ulang lebih besar dibandingkan besar friksi braket *stainless steel* baru (Tabel 1). Rerata besar friksi pada kelompok braket daur ulang sebesar 4.90 N sedangkan rerata besar friksi pada kelompok braket baru sebesar 3,80 N. Peningkatan besar friksi pada braket daur ulang terjadi karena proses pembakaran. Peningkatan tersebut sebesar 28,9% dan terjadi karena perubahan mikrostruktur permukaan logam pada braket *stainless steel*. Lapisan kromium karbida yang terbentuk

bersifat korosif. Hal tersebut mengakibatkan penurunan ketahanan terhadap korosi sehingga menimbulkan peningkatan kekasaran permukaan. Pemanasan atau pembakaran pada proses daur ulang berpengaruh pada mikrostruktur braket logam serta dapat menyebabkan berkurangnya daya tahan terhadap korosi dan menghasilkan lapisan kromium karbida pada permukaan logam¹⁷. Korosi pada logam *stainless steel* menghasilkan kekasaran permukaan pada permukaan logam tersebut berupa pembentukan pit dan goresan-goresan pada permukaan yang mengalami korosi¹⁰.

Hasil pengamatan dengan mikroskop optik perbesaran 160x (gambar 2) menunjukkan bahwa terdapat adanya endapan kromium karbida yang bersifat korosif pada permukaan braket *stainless steel* daur ulang yang disebabkan oleh proses pembakaran dan mengakibatkan terjadinya peningkatan sebaran oksida karbid pada mikrostruktur permukaan braket yang mengalami peningkatan suhu atau pembakaran¹⁷. Suhu yang semakin tinggi menyebabkan semakin signifikan besar sebaran oksida karbid.

Braket A memiliki komposisi logam tipe austenitik dimana merupakan jenis logam *stainless steel* yang baik. Komposisi logam tipe austenitik pada braket A memiliki kandungan 18% Cr dan 9% Ni (tabel 1). Kandungan Molibdenum yang rendah (0,1%) dan tidak adanya kandungan Silikon pada braket A mengakibatkan braket lebih rentan terhadap oksidasi (pembakaran) sehingga mudah melepaskan ion ke lingkungan¹⁸. Braket B yang telah dilakukan daur ulang dengan pembakaran mempunyai besar friksi yang paling rendah. Braket tersebut merupakan braket logam *stainless steel* yang memiliki komposisi logam tipe ferritik (Cr 25% dan Ni <2%). Ferritik merupakan jenis logam *stainless steel* yang lebih lunak dibandingkan jenis logam *stainless steel* tipe austenitik. Kandungan Molibdenum yang lebih besar (5%) pada braket B memungkinkan braket lebih tahan terhadap oksidasi. Adanya kandungan Silikon pada braket tersebut menaikkan ketahanan terhadap oksidasi sehingga tidak mudah melepaskan ion logam ke lingkungan¹⁸. Braket C merupakan braket logam *stainless steel* tipe austenitik (kandungan Cr 20% dan Ni 3%) dan memiliki kandungan molibdenum yang rendah (0,02%). Hal tersebut mengakibatkan braket C lebih mudah mengalami korosi setelah dilakukan pemanasan pada suhu tinggi. Kandungan silikon

(0,5%) pada braket C memungkinkan kenaikan ketahanan terhadap korosi dibandingkan dengan braket A yang juga merupakan tipe austenitik namun tidak memiliki kandungan silikon. Braket D merupakan braket logam *stainless steel* tipe austenitik (kandungan Cr 15% dan Ni 3%) dan memiliki harga paling murah diantara braket lain yang diuji dalam penelitian ini. Besar friksi pada braket D baru memiliki friksi yang paling besar. Braket tersebut tidak memiliki kandungan molibdenum sehingga ketahanan terhadap korosi menjadi rendah namun braket D memiliki kandungan silikon lebih besar (0,8%) dibanding braket C dan A sehingga ketahanan terhadap korosi menjadi lebih baik dan terbentuknya lapisan kromium karbida lebih sedikit.

Hasil uji *Post Hoc Multiple Comparisons (LSD)* (Tabel 3) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna besar friksi antara macam braket kecuali antara braket A dengan braket C yang memiliki perbedaan namun tidak bermakna. Hal tersebut dikarenakan proses pembuatan braket A dan braket C menggunakan metode yang sama yaitu metode *brazing* untuk menyatukan badan braket (*body*) dengan dasar braket (*mesh*). Pendapat lain menyimpulkan bahwa apabila ada 2 bahan yang sama atau berbeda disatukan melalui metode *brazing* kemudian berkontak dengan cairan rongga mulut akan mengakibatkan korosi galvanik yang dapat meningkatkan pelepasan ion logam¹⁶. Hal tersebut memungkinkan terbentuknya endapan kromium karbida yang bersifat korosif semakin banyak sehingga meningkatkan kekasaran permukaan.

Hasil pengukuran pada braket B menunjukkan bahwa braket tersebut memiliki ketahanan korosi yang baik terbukti dengan rerata hasil pengukuran memiliki besar friksi paling rendah diantara braket lain dalam penelitian ini. Hal tersebut dikarenakan proses pembuatan braket B menggunakan metode *casting*. Braket *stainless steel* yang dibuat dengan metode *casting* akan menghasilkan braket dengan kualitas yang lebih baik, akurat, dan tahan lama¹⁵.

Braket D memiliki rerata besar friksi yang terbesar dibanding braket lain dalam penelitian ini dan mempunyai harga yang paling murah. Kualitas permukaan logam braket D baru maupun daur ulang lebih buruk dibanding braket lainnya dan terlihat dalam pengukuran pada setiap kelompok pada braket D memiliki besar friksi

yang tinggi. Hal tersebut kemungkinan karena metode pembuatan yang kurang baik dimana terlihat bentuk *finishing* braket yang kurang halus dan komposisi braket D tidak memiliki kandungan Molibdenum yang berfungsi menaikkan kekuatan pada temperatur tinggi.

KESIMPULAN

Kesimpulan hasil penelitian mengenai perbandingan besar friksi antara braket *stainless steel* baru dan daur ulang adalah sebagai berikut:

1. Braket *stainless steel* daur ulang dengan metode pembakaran memiliki besar friksi yang lebih besar dibandingkan dengan braket *stainless steel* baru. Urutan besar friksi braket *stainless steel* dimulai dari yang terbesar adalah braket D, braket A, braket C, dan besar friksi terkecil adalah braket B.
2. Terdapat interaksi besar friksi antara macam braket kecuali interaksi antara braket A dengan braket C.
3. Peningkatan besar friksi antara braket *stainless steel* baru dengan daur ulang yaitu sebesar 28,9%.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan, dan kesimpulan, maka disarankan :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh metode daur ulang selain dengan metode pembakaran terhadap besar friksi braket *stainless steel*.
2. Pertimbangan dalam pemilihan braket *stainless steel* dengan proses pembuatan metode *casting* lebih diutamakan karena tahan terhadap korosi ketika proses daur ulang dengan pembakaran dibanding metode *brazing*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bhalajhi, I.S., 2003, *Orthodontics the Art and Science*, Arya (Medi) Publishing House, New Delhi, p.355-57.
2. Issacson, K. G., and William, J. K., 1992, *An introduction to fixed appliance*, John Wright and soon Ctd, p.20 – 22.
3. Keun-Taek Oh, Sung-Uk Choo, Kwang-Mahn Kim and Kyong-Nam Kim, 2005, A Stainless Steel Bracket for Orthodontic Application, *Eur J Orthod*, 27: 237–244.
4. Maijer, R. and Smith, D.C., 1986, Biodegradation of the Orthodontic Bracket System, *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 90:195-198.
5. Coley-Smith, A., and Rock, W. P., 1997, Orthodontic Products Update: Bracket recycling-who does what?, *Brit J Orthod*, 24: 172–174.
6. Wheeler and Ackerman, 1983, Bond Strength of Thermally Recycled Metal Brackets, *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, 83 (3): 181-86.
7. Chung, J.H., Ji, S.S. and Jung, Y.C., 2001, Metal Release from Simulated Fixed Orthodontic Appliances, *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, 120(4) 383-391.
8. Tsui, H.H., Shinn, J.D., Yan, M. and Chia, T.K., 2004, Metal Ion Release From New and Recycled Stainless steel Brackets, *Eur J Orthod.*, 26:171-177.
9. Phillips, R.W., 1991, *Skinner's Science of Dental Material*, 8th ed., The W.B. Saunders Company, Tokyo, p.248-301.
10. Kao, C.T., and Huang, T.H., 2010, Variation in Surface, Characteristics and Corrosion Behavior of Metal Brackets and Wires in Different Electrolyte Solutions, *Eur J Orthod*, 32:555-560.
11. Regis, S., Soares, P., Camargo, E.S., Filho, O.G., Tanaka, O., and Maruo, H., 2011, Biodegradation of orthodontic metallic brackets and associated implications for friction, *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, 140 (4):501–9.
12. Bednar, J.R., Gruendeman, G.W., and Sandrik, J.L., 1991, A Comparative Study of frictional forces between orthodontic brackets and arch wires, *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, 100:513-22.
13. Tidy, D.C., 1989, Frictional forces in fixed appliances, *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop*, 96(2):249-54.
14. Cacciafesta, V., Sfondrini, M.F., and Ricciardi, A., 2003, Evaluation of Friction of Stainless Steel and Esthetic Self-Ligating Brackets in Various Bracket-Archwire Combinations, *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 124(4):395-402.
15. Proffit, W.R., and Fields, H.W., 2000, *Contemporary Orthodontic*, 3rd ed., St Louis, Mosby, p.391-2.
16. Chaturvedi T.P., 2008, Corrosion Behavior of Orthodontic Alloys, *The Orthod Cyber Journal*, (1): 1-27.
17. Buchman, D. J. L., 1980, Effects of Recycling on Metallic direct-bond Orthodontic Brackets. *Am J Orthod.*, 77 (6): 654-668.
18. Siti-Fatimah, 2013, Perbandingan Besar Pelepasan Ion Nikel Antara Braket Baru dan Braket Daur Ulang dalam Saliva Buatan dengan pH 5 dan 6,7, *Tesis*, PPDGS FKG UGM, h.40-50.