

Deformasi Slot Beberapa Produk Braket *Stainless Steel* Akibat Gaya Torque Kawat Beta Titanium

Marisa Mifta Huda*, Erwin Siregar**, dan Nada Ismah**

*Program Studi Ortodonti PPDGS Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia

**Bagian Ortodonti Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Indonesia

Jl.Salemba Raya No.4, Jakarta Pusat, 10430, e-mail: marisa_mifta@yahoo.com

ABSTRAK

Deformasi slot braket *Stainless Steel* akan mempengaruhi gaya yang diaplikasikan kepada gigi. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui deformasi slot braket dari lima merek braket yaitu 3M, Biom, Versadent, Ormco dan Shinye akibat gaya torque kawat Beta Titanium 0.021x0.025 inci dengan sudut puntir 45° dan besar gaya torque dengan sudut puntir 30° dan 45°. Penelitian juga bertujuan untuk membandingkan deformasi dan besar gaya torque antara kelima merek braket. Penelitian dilakukan pada 50 braket *Stainless Steel Edgewise* dari lima kelompok merek braket (n=10) dilem ke akrilik. Masing-masing braket dilakukan dua tahapan pengukuran yaitu pengukuran deformasi braket dengan menghitung rerata tinggi slot braket dengan mikroskop stereoskopi sebelum dan sesudah uji torque dan pengukuran besar gaya torque dengan alat uji torque. Hasil analisa statistik menunjukkan terdapat deformasi slot braket pada kelima merek braket dengan deformasi permanen secara klinis pada braket Biom (2,79 µm) dan Shinye (2,29 µm). Besar gaya torque pada kelima braket dari yang paling besar yaitu 3M, Ormco, Versadent, Shinye dan Biom. Perbandingan deformasi slot braket dan besar gaya torque antara kelima braket adalah terdapat perbedaan deformasi slot braket antara kelima merek braket kecuali antara 3M dan Ormco dan Biom dan Shinye dan terdapat perbedaan besar gaya torque antara kelima braket dengan sudut puntir 30° (kecuali 3M dan Ormco) dan 45°. Kesimpulan, Komposisi logam dan proses pembuatan braket merupakan faktor yang mempengaruhi terjadinya deformasi slot braket dan besar gaya torque. Proses pembuatan dengan metode MIM dan komposisi logam AISI 303 dan 17-4PH menurunkan risiko deformasi.

Maj Ked Gi. Juni 2013; 20(1): 35 - 44.

Kata Kunci : deformasi slot braket, torque, *Stainless Steel*, Beta Titanium.

ABSTRACT: Slot Deformation in Various Stainless Steel Bracket Products due to The Torqueing Force of Beta Titanium Wire.

Stainless Steel bracket slot deformation affects force applied to teeth. The research aims to determine slot deformation of five different bracket brands namely, 3M, Biom, Versadent, Ormco and Shinye due to torque of Beta Titanium wire 0.021 x 0.025 inch with torsional angle of 45° and the amount of torque with torsional angle of 30° and 45°. The research also attempts to compare the deformation and amount of torque among all five bracket brands. Fifty Stainless Steel Edgewise brackets from five bracket group brands (n=10) were attached on acrylic. Bracket slot measurement was carried out in two stages: firstly, deformation measurement by calculating average bracket slot height with stereoscopy microscope before and after application of torque; and secondly, measurement of torque with a torque measurement apparatus. Statistical analysis showed that there are slot deformations on the five bracket brands with clinical permanent deformation on Biom (2,79 µm) and Shinye (2,29 µm). The amount of torque on the five bracket brands from the highest is 3M, Ormco, Versadent, Shinye and Biom. From correlation assessment between bracket slot deformation and amount of torque in the five brands, a difference is found in the deformation in five brands except 3M, Ormco, Biom and Shinye. There is a difference in the amount of torque between the five brands with torsional angle of 30° (except 3M and Ormco) and 45°. It is concluded that metal compositions and manufacturing process are the factors that influence the occurrence of deformation bracket slot and the amount of torque. Manufacturing process using MIM and metal compositions of AISI 303 and 17-4 PH reduce the risk of deformation.

Maj Ked Gi. Juni 2013; 20(1): 35 - 44.

Key words: bracket, slot deformation, torque, *Stainless Steel*, beta titanium.

PENDAHULUAN

Braket merupakan salah satu komponen pasif alat ortodonti cekat yang akan menyalurkan gaya yang diaplikasikan oleh kawat kepada gigi sehingga terjadi pergerakan gigi. Bahan material braket yang mempunyai sifat mekanik yang baik dibutuhkan, sehingga resisten terhadap deformasi akibat gaya dari kawat. Sifat mekanik braket dipengaruhi oleh komposisi logam *Stainless Steel* dan proses pembuatannya.^{1,2}

Deformasi braket akan mempengaruhi gaya yang diaplikasikan kepada gigi sehingga menghambat pergerakan gigi dan memperpanjang waktu perawatan ortodonti. Deformasi adalah perubahan bentuk dan ukuran akibat adanya gaya. Salah satu gaya yang akan dihantarkan kepada braket adalah gaya kawat ortodonti.^{3,4}

Kawat merupakan salah satu komponen aktif alat ortodonti cekat yang berfungsi untuk mentransmisikan gaya melalui braket untuk pergerakan gigi. Gaya optimal untuk menggerakkan gigi harus mampu menstimulasi aktivitas selular tanpa mengkompresi penuh pembuluh darah dan PDL. Salah satu cara untuk menghasilkan gaya optimal adalah dengan menggunakan bahan material kawat dengan kekakuan yang rendah karena gaya akan kecil dan kontinu. Salah satu bahan material yang mempunyai kekakuan rendah adalah kawat Beta Titanium.^{1,5}

Kawat Beta Titanium diperkenalkan oleh Charles Burstone pada tahun 1980 dan mempunyai komposisi 78% titanium, 11,5 % molybdenum, 6% zirconium dan 4,5% tin. Kawat Beta Titanium memiliki kelebihan yaitu modulus elastisitas rendah, *springback* besar, kekakuan/*stiffness* rendah, formabilitas, *joinability* dan resistensi korosi. Namun, kekurangannya adalah friksi yang besar. Kelebihan dari kawat Beta Titanium menyebabkan kawat tersebut sangat baik untuk tahap *finishing* dalam perawatan ortodonti. Kawat Beta Titanium 0.021x0.025 inci pada slot braket 0.022 merupakan kawat yang optimal untuk melakukan *finishing* karena mendekati ukuran slot braket sehingga akan memaksimalkan *torque* yang dihasilkan.^{1,5}

Torque merupakan salah satu pergerakan gigi dalam ortodonti yang terjadi akibat *torsion*/puntiran kawat *rectangular* dalam slot braket *rectangular*. *Torque* dibutuhkan untuk memposisikan gigi dalam inklinasi bidang labiopalatal dan bukolingual yang ideal sehingga, menghasilkan oklusi yang baik. Lacousiere LA, Nobes DS, Homeniuk DLN, Carey JP, Badawi H dan Major PW⁴ menyatakan bahwa *torque* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu braket, kawat, sudut puntir kawat, *play* dari kawat dan slot braket, metode ligasi dan bentuk tepi kawat. Namun, beberapa penelitian menyebutkan bahwa deformasi slot braket adalah faktor yang paling berperan dalam *torque* yang dihasilkan.^{1,4}

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan AFTA, di Indonesia telah beredar berbagai macam merek braket logam *Stainless Steel* dengan harga yang bervariasi dan tanpa *quality* kontrol dari pemerintah. Berdasarkan hal tersebut maka penulis terdorong melakukan penelitian deformasi slot pada beberapa produk braket logam *Stainless Steel* yang ada di Indonesia, serta bagaimana akibatnya bila gaya *torque* dari kawat Beta Titanium diaplikasikan pada braket tersebut. Sehingga ortodontis dapat memilih braket *Stainless Steel* dengan kualitas yang baik dan mengetahui gaya *torque* pada pemakaian kawat Beta Titanium, sehingga perawatan terhadap pasien menjadi lebih maksimal.

METODE PENELITIAN

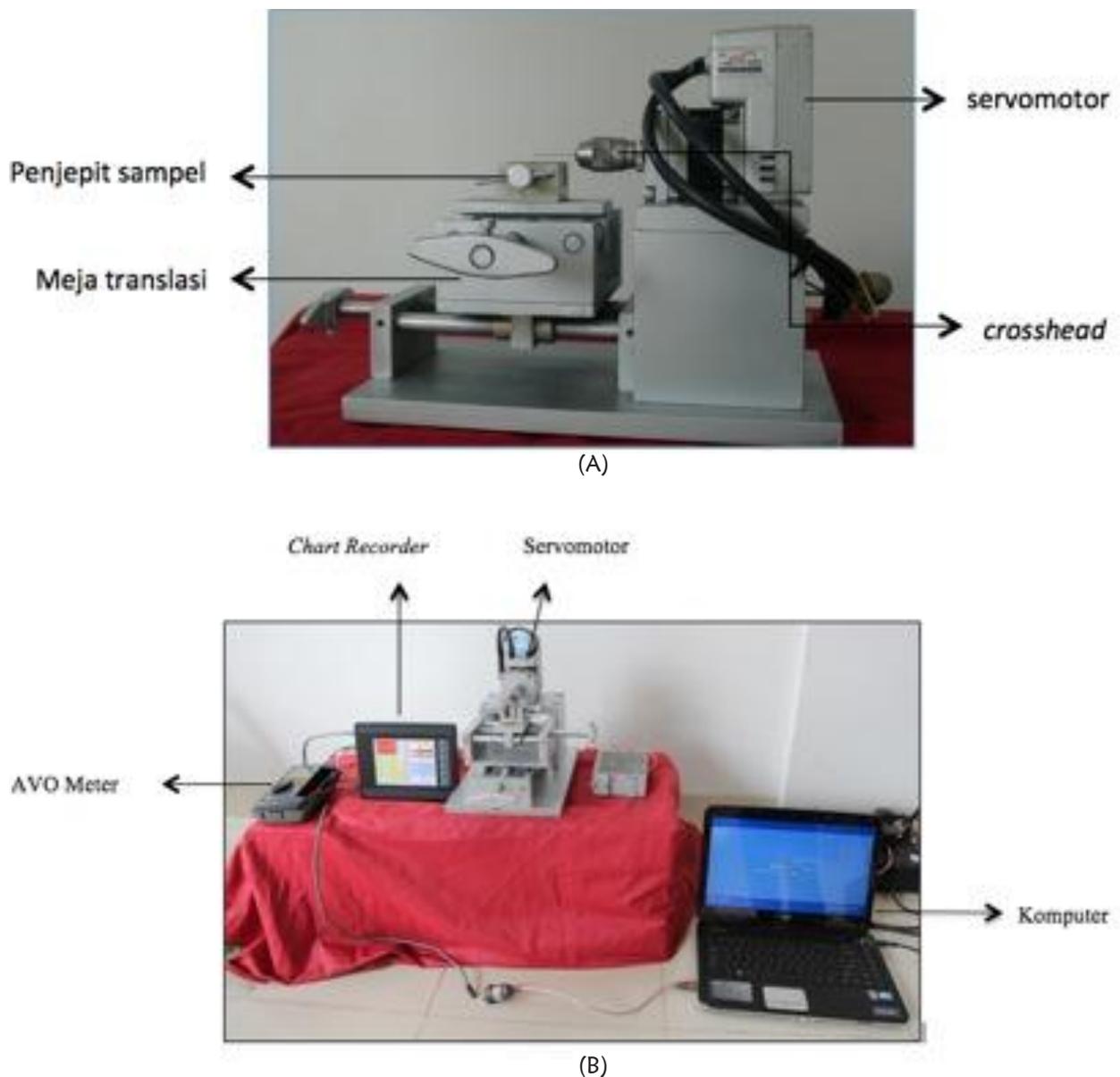
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorik yang dilakukan di laboratorium Biomedis Universitas Indonesia, Gedung Pascasarjana Salemba dan PT Surya Sarana Dinamika, Bandung pada bulan Maret - April 2013. Sampel penelitian adalah braket *Stainless Steel* Edgewise Standar slot .022 gigi insisif sentral atas kiri merek 3M (DYNALOC, USA), Biom (Cina), Versadent (USA), Ormco (Mini Diamond, USA) dan Shinye (China). Penelitian menggunakan alat uji *torque* yang dirakit sendiri dan telah dikalibrasi di Balai Bahan dan Barang Teknik (B4T) Bandung. Alat uji *torque* terdiri dari meja translasi untuk pengaturan sampel braket,

penjepit sampel, *crosshead*, *servomotor*, *chart recorder* dan AVO meter (gambar 1A). *Servomotor* merek *Cool Muscle* akan memuntir kawat (gambar 1B) dan *chart recorder* akan menampilkan besar gaya *torque* berdasarkan sudut puntir kawat dalam satuan gram sentimeter (gmcm) (gambar 1B).

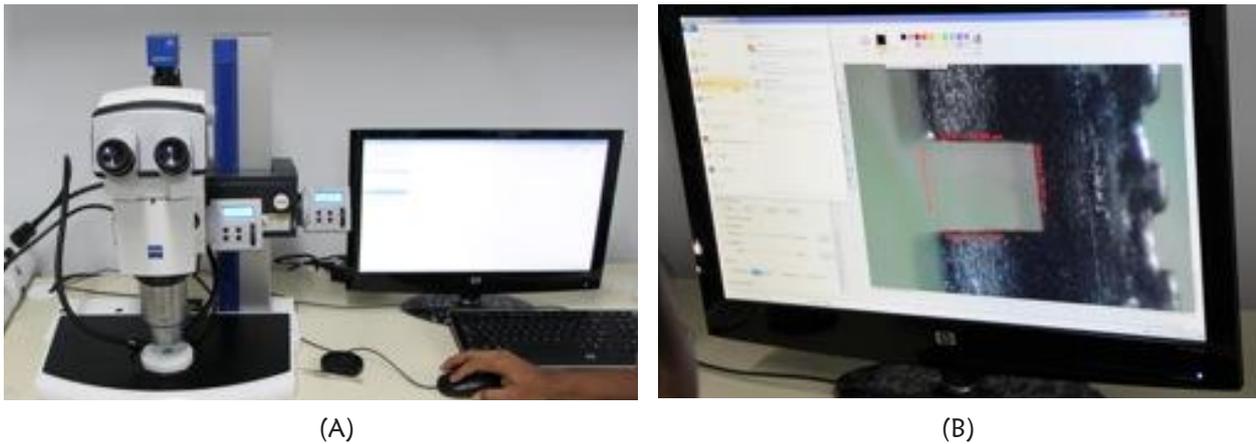
Penelitian ini juga menggunakan mikroskop stereoskopi *discovery V12* yang disambungkan dengan perangkat komputer dan *Axiocam* (gambar 2A), Perangkat lunak *Zen lite* (gambar 2B), tempat peletakan braket yaitu plat akrilik dengan bentuk

balok panjang 39 mm, lebar 6 mm dan tinggi 18 mm, lem *loctite 495*, kawat *Beta Titanium 0.021x0.025* inci, karet elastomerik, kuas, pinset braket, alat tulis dan alkohol 70%.

Penelitian ini diawali dengan pembuatan alat uji *torque* yang kemudian dilakukan uji validitas di Balai Bahan dan Barang Teknik (B4T) Bandung dan uji rehabilitas. Validitas dilakukan untuk mendapatkan ketepatan suatu alat ukur dalam melakukan pengukuran yang dilakukan melalui kalibrasi. Rehabilitas dilakukan dengan melakukan uji kesesuaian

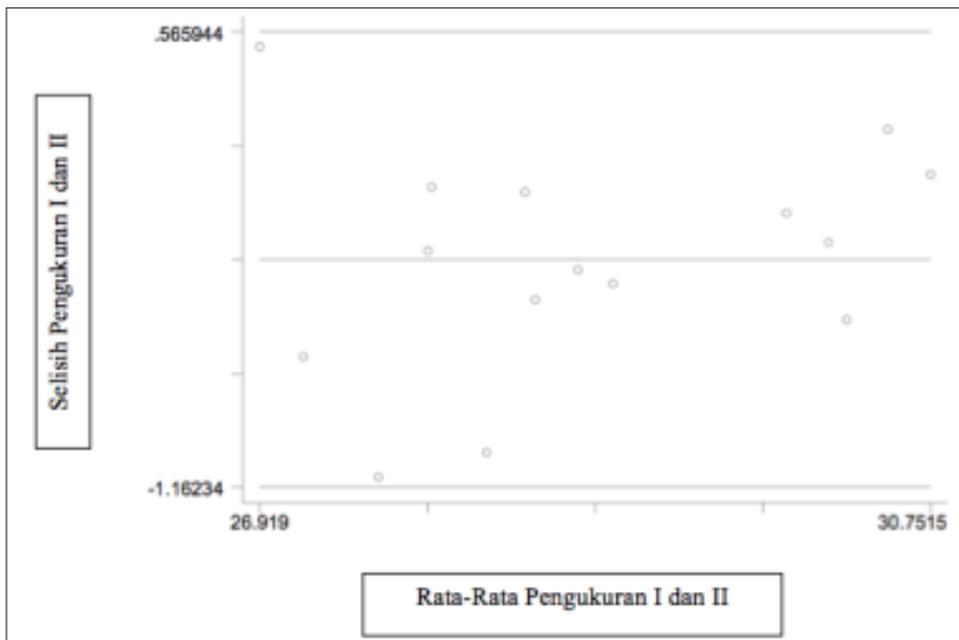


Gambar 1. (A) Alat uji torque dari arah lateral. (B) Alat uji torque dari arah frontal.



Gambar 2. (A) Mikroskop stereoskopi discovery V12 (Carl Zeiss Microimaging GmbH, Jerman) yang tersambung dengan komputer dan AxioCam. (B) Perangkat lunak ZEN lite.

Plot Bland-Altman pengukuran intraobserver



Grafik 1. Plot Bland-Altman pengukuran intraobserver.

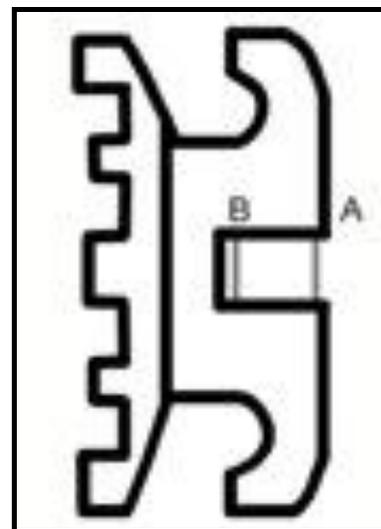
intraobserver yang bertujuan untuk melihat konsistensi seorang pengamat. Pengamat dilakukan kalibrasi titik ukur dan uji kesesuaian intraobserver. Uji kesesuaian intraobserver dilakukan dengan uji Bland-Altman menggunakan metode pengujian test kembali (*test-retest*). Metode pengujian test kembali adalah melakukan pengukuran dengan mikroskop stereoskopi sebanyak dua kali pada waktu yang berbeda, yaitu sehari sesudahnya. Uji

Bland-Altman digunakan untuk mengetahui outliers/ nilai pengukuran pada waktu yang berbeda. Plot Bland-Altman memperlihatkan plot data berada pada nilai batas bawah dan batas atas (-1,162 dan 0,566). (Grafik 1) Dalam di grafik plot tersebut menunjukkan tidak ada perbedaan yang bermakna hasil pengukuran intraobserver pada waktu yang berbeda ($p=0.449$).

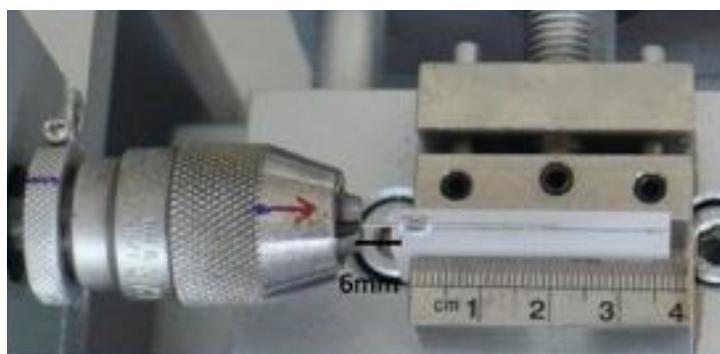
Penelitian menggunakan 50 braket *Stainless Steel Edgewise Standar* slot .022 gigi insisif sentral atas kiri yang dikelompokkan menjadi lima kelompok (n=10) yaitu kelompok A (3M), kelompok B (Biom), kelompok C (Versadent), kelompok D (Ormco) dan kelompok E (Shinye). Pemilihan braket dilakukan secara random untuk menyamakan identitas braket. Braket diidentifikasi dengan memasukan kedalam plastik dan diberi nomor urut sampel. Randomisasi dilakukan oleh pihak lain dengan mengetahui kode nomor urut merek braket dan mencatat dalam buku penelitian. Identitas merek braket akan dibuka setelah dilakukan penelitian.

Plat akrilik diberi garis panduan (vertikal dan horizontal) dan diberi nomor sampel dengan menggunakan spidol. Lalu braket ditempel pada akrilik dengan lem loctite 495 sesuai garis panduan, kemudian diletakkan di mikroskop stereoskopi untuk dilakukan uji pertama. Uji pertama adalah pemotretan braket dan pengukuran pertama tinggi slot braket dalam arah lateral dengan menggunakan piranti lunak Zen lite. Pengukuran tinggi slot braket dilakukan dengan membuat dua garis yaitu garis terluar braket (A) dan garis terdalam braket (B) (gambar 3). Hasil pengukuran menggunakan rumus $A+B/2$. Setelah uji pertama, kawat Beta Titanium 0.021x0.025 inci dipasang dalam slot braket yang sudah ditempel akrilik dan diligasi dengan karet elastomerik. Kemudian dilakukan peletakan akrilik di alat uji *torque*, peletakan akrilik sejajar ujung *crosshead* dan berjarak 6 mm dari titik tengah

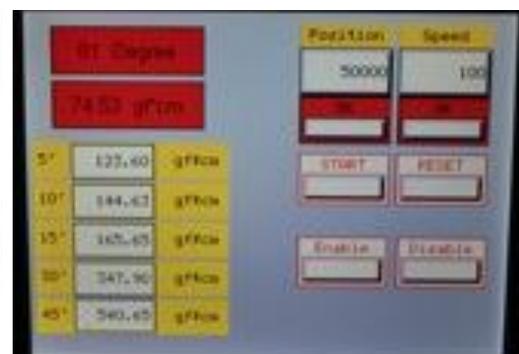
sayap braket ke *crosshead* (jarat interbraket didalam mulut) (gambar 4A). Pengujian *torque* dilakukan dengan memuntir kawat dengan kecepatan rata-rata *crosshead* 4°/menit yang sudah diprogram ke servomotor dan *chart recorder* akan menampilkan gaya *torque* alam satuan gram sentimeter (gmcm) (gambar 4B). Lalu servomotor secara otomatis akan berhenti di sudut 45°. Kemudian dilakukan uji kedua yaitu adalah pemotretan braket dan pengukuran kedua tinggi slot braket setelah uji *torque* dalam arah lateral. Pengukuran tinggi slot braket sama dengan uji pertama.



Gambar 3. Pengukuran dari arah lateral dengan menggunakan dua garis yaitu garis A dan garis B. (Sumber : Cash A dan Curtis R .)¹¹



(A)



(B)

Gambar 4. (A) Peletakan akrilik di alat uji torque. (B) Chart recorder pada servomotor akan menampilkan gaya torque dalam gmcm.

HASIL PENELITIAN

Tabel 1 dan 2 memperlihatkan nilai rerata besar gaya *torque* Beta Titanium 0.021x0.025 inci pada braket dengan sudut puntir 30° dan 45°. Besar gaya *torque* dengan sudut puntir 30° dan 45° terbesar pada braket 3M dan terkecil pada braket Biom.

Tabel 3 memperlihatkan perbedaan besar gaya *torque* pada braket. Analisis statistik yang digunakan adalah uji *repeated ANOVA*. Uji *repeated ANOVA* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna besar gaya *torque* antara kelima braket ($p < 0.05$). Untuk mengetahui kelompok yang mempunyai perbedaan bermakna dilakukan analisis statistik *Post Hoc* dengan uji *Bon ferroni*. Tabel analisis *Post Hoc* menunjukkan bahwa pada braket Biom ($p = 0.01$), Versadent ($p = < 0.001$) dan Shinye ($p = < 0.001$) terdapat perbedaan yang bermakna dibandingkan Ormco. Sehingga hipotesis penelitian bahwa terdapat perbedaan besar gaya *torque* antara braket Biom, Versadent dan Shinye dengan sudut puntir 30°

dibandingkan braket Ormco diterima dan ditolak pada braket 3M. Sedangkan hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan besar gaya *torque* antara braket 3M, Biom, Versadent dan Shinye dengan sudut puntir 45° dibandingkan dengan braket Ormco diterima.

Tabel 4 memperlihatkan deformasi slot braket akibat gaya *torque* dengan sudut puntir 45°. Analisis statistik yang digunakan adalah uji *T-Test* berpasangan. Hasil analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan bermakna secara statistik pada kelima braket ($p < 0,05$). Akan tetapi peneliti menetapkan deformasi permanen terjadi apabila selisih rerata tinggi slot braket $> 2\mu\text{m}$ sehingga secara klinis deformasi permanen terjadi pada braket Biom ($2,79\ \mu\text{m}$) dan Shinye ($2,29\ \mu\text{m}$). Sehingga hipotesis penelitian yang menyatakan terdapat deformasi slot braket Biom dan Shinye akibat gaya *torque* dengan sudut puntir 45° diterima dan ditolak pada braket 3M, Versadent dan Ormco.

Tabel 1. Besar gaya *torque* kawat Beta Titanium 0.021x0.025 inci pada braket dengan sudut puntir 30° (gmcm).

Braket	N	Rerata	Minimum	Maksimum	Standar Deviasi
3M	10	488.36	430.61	525.93	33.45
Biom	10	239.89	213.73	363.08	25.46
Versadent	10	385.49	324.07	470.33	47.75
Ormco	10	466.61	425.93	518.69	34.00
Shinye	10	294.22	226.1	366.44	43.92

Tabel 2. Besar gaya *torque* kawat Beta Titanium 0.021x0.025 inci pada braket dengan sudut puntir 45° (gmcm).

Braket	N	Rerata	Minimum	Maksimum	Standar Deviasi
3M	10	625.12	570.33	697.15	33.45
Biom	10	307.47	254.91	396.1	25.46
Versadent	10	535.65	458.41	590.19	47.75
Ormco	10	579.93	524.53	614.02	34.00
Shinye	10	387.76	321.36	485.08	43.92

Tabel 3 Perbedaan besar gaya *torque* kawat Beta Titanium 0.021x0.025 inci antara braket dengan sudut puntir 30° dan 45° (gmcm)

Sudut Puntir	Braket	Rerata	Standar Deviasi	Nilai p	Perbedaan Rerata	IK 95%
30°	3M	488.36	33.45	0.205	21.74	-12.28-5.76
	Biom	239.89	25.46	<0.001	-226.72	-260.74-(-192.69)
	Versadent	385.49	47.75	<0.001	-81.12	-115.14-(-47.10)
	Ormco	466.61	34.00		Pembandingan	
	Shinye	294.22	43.92	<0.001	-172.39	-206.42-(-138.38)
45°	3M	625.12	42.51	0.022	45.19	6.97-83.40
	Biom	307.47	40.41	<0.001	-272.46	-310-(-234.24)
	Versadent	535.65	36.40	0.024	-44.28	-82.49-(-6.06)
	Ormco	579.93	34.02		Pembandingan	
	Shinye	387.76	55.47	<0.001	-192.17	-230.38-(-153.95)

Uji *T-Test* berpasangan

Nilai $p < 0.05$ = Terdapat perbedaan bermakna secara statistik dengan kelompok D (pembandingan)

Tabel 4. Deformasi slot braket akibat gaya *torque* kawat Beta Titanium 0.021x0.025 inci dengan sudut puntir 45°(μm).

Kelompok	Rerata		Standar Deviasi		Nilai p	Selisih Rerata	Minimum	Maksimum
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah				
3M	29,57	30,01	0,42	0,24	0,001	-0,44	-0,62	-0,25
Biom	28,00	30,79	0,85	1,33	<0,001	-2,79	-3,55	-2,04
Versadent	28,90	29,88	0,75	0,49	<0,001	-0,98	-1,24	-0,72
Ormco	27,98	28,44	0,50	0,54	<0,001	-0,47	-0,66	-0,27
Shinye	27,30	29,60	0,29	1,31	0,001	-2,29	-3,29	-1,31

Nilai $p < 0.05$ = terdapat perbedaan bermakna secara statistik.

Tabel 5 menunjukkan perbedaan deformasi slot braket antara kelima braket akibat gaya *torque*. Analisis statistik yang digunakan uji *Kruskal Wallis*. Uji *Kruskal Wallis* memperlihatkan adanya perbedaan deformasi slot braket antara kelima braket akibat gaya *torque* ($p < 0.05$). Untuk mengetahui kelompok yang mempunyai perbedaan bermakna dilakukan analisis *Post Hoc* dengan uji *Mann-Whitney*. Analisis *Post Hoc* (tabel 6) menunjukkan bahwa terdapat

perbedaan bermakna antara semua braket kecuali antara braket 3M dan Ormco ($p = 0,853$) dan antara braket Biom dan Shinye ($p = 0,315$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan deformasi slot braket antara kelima braket akibat gaya *torque* diterima dan ditolak antara braket 3M dan Ormco ($p = 0,853$) dan antara braket Biom dan Shinye ($p = 0,315$).

Tabel 5. Perbedaan deformasi slot braket akibat gaya *torque* kawat Beta Titanium 0.021x0.025 inci dengan sudut puntir 45° (μm).

	Rerata	Standar Deviasi	Median	Minimum	Maksimum	Nilai p
3M	0,44	0,26	0,37	0,17	0,87	<0,001
Biom	2,79	1,05	2,87	0,94	4,52	
Versadent	0,98	0,37	0,93	0,50	1,64	
Ormco	0,47	0,27	0,49	0,05	0,95	
Shinye	2,29	1,38	2,09	0,23	4,87	

Uji Kruskal Wallis

Nilai $p < 0.05 =$ terdapat perbedaan bermakna secara statistik

Tabel 6. Perbedaan deformasi slot braket antara braket akibat gaya *torque* kawat Beta Titanium 0.021x0.025 inci dengan sudut puntir 45°.

	Biom	Versadent	Shinye	Ormco
3M	<0,001*	0,003	0,001	0,853
Biom		<0,001	0,315	<0,001
Versadent			0,015	0,002
Shinye				0,00

Analisis *Post Hoc* dengan uji Mann-Whitney

Nilai $p < 0.05 =$ terdapat perbedaan bermakna secara statistik.

PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan alat uji *torque* dan Servomotor yang dirakit berdasarkan penelitian beberapa pakar.^{4,6-8} Pemilihan kawat Beta Titanium 0.021x0.025 inci, karena merupakan kawat optimal untuk melakukan *torque* karena mendekati ukuran slot braket dan sifat mekanik yang baik.⁴⁻¹¹

Ketidakteraturan besar gaya *torque* kawat beta titanium dengan sudut puntir 30° dan 45° terlihat pada tabel 1 dan 2. Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian Kapur dkk.⁶ yang menghasilkan besar gaya *torque* braket pada sudut puntir 30° dan 45° adalah 526.1 gm-cm dan 789.2 gm-cm. Perbedaan hasil penelitian kemungkinan disebabkan karena perbedaan beberapa hal yaitu merek braket, sistem braket, kawat yang digunakan dan alat uji *torque*. Penelitian tersebut menggunakan merek braket Dentaurum dengan braket preskripsi

+5° *tip* dan +11° *torque* dan kawat *Stainless Steel* 0.021x 0.025.⁶

Perbedaan besar gaya *torque* terjadi secara signifikan pada braket 3M, Versadent, Ormco dibandingkan braket Biom dan Shinye (tabel 3). Peneliti menduga perbedaan secara signifikan terjadi karena ketidakkonsistenan geometri slot braket, komponen logam material braket yang tidak menghasilkan sifat mekanis yang baik dan prosedur pembuatan braket. Hal ini sesuai dengan penelitian Lacousiere dkk.⁴ yang menyatakan bahwa *torque* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu braket, kawat, *play* antara kawat dan braket, metode ligasi dan sudut puntir kawat.

Ketidakkonsistenan bentuk geometri slot braket dalam penelitian ini paling banyak ditemukan pada braket Biom dan Shinye. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh proses pembuatan braket menggunakan *brazing*. Eliades¹² menyatakan bahwa

prosedur dengan menggunakan *brazing* dapat mengakibatkan ketidakkonsistenan bentuk brakat dan memicu efek galvanik sehingga menurunkan kekuatan brakat. Siargosa dkk.¹³ menyatakan bahwa pembuatan brakat dengan prosedur *metal injection molding* (MIM) memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan prosedur *brazing*. *Metal injection molding* (MIM) menggunakan *injection molding machine* seperti pada pembuatan plastik, sehingga menghasilkan bentuk geometri slot brakat yang sama.

Perbedaan geometri brakat juga terlihat pada kelima merek brakat. Brakat 3M, Versadent dan Ormco memiliki bentuk slot yang lebih persegi, tepi sudut tajam dan kesejajaran antara dinding slot atas dan bawah sejajar. Brakat Biom dan Shinye memiliki bentuk slot divergen ke arah luar, tidak bersudut 90° dan tepi sudut slot yang membulat, sehingga kontak antara slot brakat dan kawat berkurang (gambar 6.1). Kontak antara slot brakat dan kawat yang berkurang akan menurunkan besar gaya *torque* yang dihasilkan.¹⁴

Pabrik mempunyai kebebasan dalam menentukan komposisi logam pembentuk brakat. Komposisi logam pembentuk brakat akan mempengaruhi sifat mekanik brakat *Stainless Steel* dan besar gaya *torque*. Huang Y dkk.¹⁵ menyatakan bahwa sifat mekanis yaitu *hardness* dan modulus elastisitas brakat mempengaruhi besar gaya *torque*, dan semakin tinggi sifat *hardness* brakat maka semakin besar gaya *torque*. Flores dkk.¹⁶ menyatakan bahwa brakat *Stainless Steel* dengan tipe 17-4 PH dan 303 memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan 316 dan 304 (Tabel 7).

Penelitian ini banyak mengesklusikan brakat Biom dan Shinye karena setelah dilakukan pemotretan pertama melalui mikroskop stereoskopi telah terjadi cacat produksi/ deformasi permanen. Tabel 4 memperlihatkan bahwa deformasi permanen terjadi pada brakat Biom (2,79 μm) dan Shinye (2,29 μm). Deformasi permanen terjadi kemungkinan karena proses pembuatan brakat dengan *brazing* sehingga, penyatuan komponen basis brakat dan sayap brakat yang tidak baik dan komposisi logam pembentuk brakat.¹²⁻¹⁵

Komposisi logam pembentuk brakat yang mempengaruhi sifat mekanik dan fisik brakat merupakan faktor terbesar dalam terjadinya deformasi brakat. Komposisi material logam brakat 3M adalah austenitik AISI tipe 303, brakat Ormco tipe AISI 17-4 PH, dan Versadent adalah austenitik. Komposisi logam yang dimiliki oleh ketiga brakat tersebut menghasilkan sifat mekanik yang baik/ *hardness* besar sehingga resiko terjadinya deformasi kecil. Brakat Biom dan Shinye pabrik merahasiakan komposisi logam yang membentuk brakat, kemungkinan mempunyai sifat mekanik yang tidak baik/ *hardness* yang kecil sehingga mudah terjadi deformasi brakat. Kerusakan brakat kemungkinan juga terjadi di logam dengan *hardness* yang kecil akibat kontak antara kawat *rectangular* dan slot brakat.¹⁶⁻¹⁷

Penelitian ini didapatkan deformasi terbesar terjadi pada garis terluar brakat (A) dibandingkan garis terdalam brakat (B). Hal ini karena terjadi *stress* lebih banyak pada brakat di bagian terluar brakat (A) dibandingkan garis terdalam brakat (B).

KESIMPULAN

Deformasi slot brakat *stainless steel* dan besar gaya *torque* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu geometri slot brakat, komposisi logam brakat dan proses pembuatan. Deformasi slot brakat *stainless steel* akibat gaya *torque* kawat Beta Titanium 0.021x0.025 inci secara klinis terjadi pada brakat Biom (2,79 μm) dan Shinye (2,29 μm).

Deformasi brakat terkecil dan besar gaya *torque* yang besar terdapat pada brakat dengan karakteristik sebagai berikut yaitu geometri slot persegi, tepi sudut tajam dan kesejajaran antara dinding slot atas dan bawah sejajar, komposisi logam austenitik AISI 303 dan 17-4PH, dan proses pembuatan dengan *metal injection molding* (MIM).

DAFTAR PUSTAKA

1. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary orthodontics. 4rd ed. Mosby: St Louis; 2007. H. 602-616.

2. Oh KT, Choo SU, Kim KM, Kim KN. A stainless steel bracket for orthodontic application. *Eur J Orthod.* 2005; 27: 237-244.
3. Flores DA, Choi LK, Caruso JM, Tomlinson JL, Scott GE, Jeiroudi MT. Deformation of metal brackets: a comparative study. *Angle Orthod.* 1994; 64(4): 283-290.
4. Lacoursiere RA, Nobes DS, Homeniuk DLN, Carey JP, Badawi H, Major PW. Measurement of orthodontic bracket tie wing elastic and plastic deformation by archwire torque expression utilizing an optical image correlation technique. *J Dent Biomech.* 2010; 1: 1-7.
5. Johnsons E. Relative stiffness of beta titanium archwire. *Angle Orthod.* 2003; 73(3): 259-269.
6. Kapur R, Sinha PK, Nanda RS. Comparison of load transmission and bracket deformation between titanium and stainless steel brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999; 116: 275-278.
7. Nishio C, Mendes AM, Almeida MA, Tanaka E, Tanne K, Elias CN. Evaluation of esthetic bracket's resistance to torsional force from archwire. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009; 135 : 42-48.
8. Major TW, Carey JP, Nobes DS, Heo G, Major P. Mechanical effects of third-order movement in self ligated bracket by the measurement torque expression. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 139: e31-e44.
9. Szuhaneck C, Fleser T, Glavan F. Mechanical behaviour of orthodontic tma wires. *Wseas Transactions on Biology and Biomedicine.* 2010; 3(7): 277-286.
10. Mistakidis I, Gkantidis N, Topouzelis N. Review of properties and clinical application of orthodontic wires. *Hell Orthod Rev.* 2011; 14: 45-66.
11. Johnsons E. Relative stiffness of beta titanium archwire. *Angle Orthod.* 2003; 73(3): 259-269.
12. Eliades T. Orthodontic material research and applications: Part2. current status projected future development in materials and biocompatibility. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131: 253-262.
13. Siargosa B, Bradleyb TG, Darabarac M, Papadimitrioud G, Zinelise S. Galvanic corrosion of metal injection molded (MIM) and conventional brackets with nickel-titanium and copper-nickel-titanium archwires. *Angle Orthod.* 2007; 77(2): 355-360.
14. Archambault A, Major TW, Carey JP, Heo G, Badawi H, Major PW. A comparison of torque expression between stainless steel, titanium molybdenum and copper nickel titanium wires in metallic self ligating brackets. *Angle Orthod.* 2010; 80(5): 884-889.
15. Huang Y, Keilig L, Rahimi A, Reimann S, Eliade T, Jager A, Bourauel C. Numeric modelling of torque capabilities of self ligating and conventional brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009; 136: 638-643.
17. Flores DA, Choi LK, Caruso JM, Tomlinson JL, Scott GE, Jeiroudi MT. Deformation of metal brackets: a comparative study. *Angle Orthod.* 1994; 64(4): 283-290.
18. Gioka C, Eliades T. Material induced variation in the torque expression of preadjusted appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 125: 323-328.