

## PERBANDINGAN KEKERASAN ANTARA EMPAT MACAM BRAKET *STAINLESS STEEL* BARU DAN PASCABAKAR DENGAN VARIASI WAKTU PEMBAKARAN

Putu Ika Anggaraeni\*, Sri Suparwitri\*\*, Prihandini I W S\*\*

\*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

Braket ortodontik harus memiliki kekerasan dan kekuatan untuk dapat menyalurkan gaya dengan tepat. Daya tahan braket dipengaruhi oleh material penyusun. Salah satu cara praktis untuk membersihkan braket yang terlepas sebelum dilakukan *rebonding* adalah dengan membakar dasar braket menggunakan *mini torch*. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui perbandingan kekerasan 4 macam braket *stainless steel*, perbandingan kekerasan antara braket *stainless steel* baru dengan braket *stainless steel* yang dibakar menggunakan *mini torch* dengan variasi waktu pembakaran, serta interaksi macam braket dan variasi lama waktu pembakaran terhadap kekerasan braket *stainless steel*.

Penelitian menggunakan metode eksperimental laboratoris. Sampel berjumlah 60 braket *stainless steel* untuk gigi premolar yang terdiri dari 4 macam braket, tiap macam braket terdiri dari 15 sampel yang dibagi menjadi 3 kelompok, kelompok I adalah braket baru, kelompok II dan III adalah braket yang diberi bahan *adhesive* dan dibakar dengan *mini torch* masing-masing selama 5 detik dan 10 detik. Seluruh sampel diukur kekerasannya menggunakan *Vickers Microhardness Tester*. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan uji Anava 2 jalur dan *Post Hoc Multiple Comparison*.

Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan kekerasan yang bermakna ( $p < 0,05$ ) antara 4 macam braket *stainless steel*, terdapat perbedaan bermakna ( $p < 0,05$ ) antara braket baru dan braket pascabakar 5 detik serta 10 detik, dan tidak terdapat perbedaan bermakna ( $p > 0,05$ ) interaksi antara macam braket dan lamanya waktu pembakaran terhadap kekerasan braket *stainless steel*. Kesimpulan adalah braket A memiliki kekerasan tertinggi dan braket B terendah, sedangkan kekerasan braket C dan D tidak berbeda. Braket *stainless steel* baru memiliki kekerasan tertinggi dibandingkan dengan braket yang dibakar menggunakan *mini torch* selama 5 detik dan 10 detik, serta tidak terdapat interaksi antara macam braket dan lamanya waktu pembakaran terhadap kekerasan braket *stainless steel*.

Kata kunci: braket *stainless steel*, kekerasan, pembakaran dengan *mini torch*

### ABSTRACT

*Orthodontic bracket must have hardness and strength to be able to deliver the exact force. Constituent material affects bracket endurance. One practical way to clean up the loose bracket before the rebonding process is to burn the bracket base using a mini torch. The purpose of the study is to determine the hardness comparison among 4 types of stainless steel bracket, the hardness comparison between new stainless steel bracket and stainless steel bracket which is burned using mini torch with burning time variation, as well as the interaction effect of the bracket types and variation of the length of burning time on the hardness of stainless steel bracket.*

*The experimental laboratory method was used in this study. Sixty premolar brackets from 4 types of stainless steel bracket were used, each type consisted of 15 samples which were divided into 3 groups, group I was the new bracket, group II and III were the brackets that was coated with adhesive material and burned using mini torch for 5 and 10 seconds, respectively. All samples were measured for hardness using a Vickers Microhardness Tester. The data was analyzed with 2 ways Anova and Post Hoc Multiple Comparison.*

*Result showed significant difference of hardness ( $p < 0.05$ ) among the 4 types of stainless steel bracket, there was significant difference of hardness ( $p < 0,05$ ) between new bracket and post-burned bracket with 5 and 10 seconds of burning time, there was no significant difference ( $p > 0,05$ ) of interaction between bracket type and the length of burning time towards hardness. It is concluded that bracket A had the highest and bracket B had the lowest hardness, meanwhile bracket C and D had the same hardness. The new stainless steel bracket had the highest hardness compared with bracket burned using a mini torch for 5 and 10 seconds. There was no interaction between the bracket type and the length of burning time on hardness of the stainless steel bracket.*

Keywords: *stainless steel bracket, hardness, burning with mini torch*

## Pendahuluan

Alat ortodontik cekat mempunyai tiga komponen utama, yaitu *attachment* yang berupa braket dan cincin (*band*), kawat busur (*arch wire*), dan alat bantu (*auxiliaries*) seperti rantai elastomerik, modul elastik, dan *coil spring*. Braket berfungsi sebagai tempat kawat busur dan untuk menyalurkan kekuatan yang dihasilkan oleh kawat busur sehingga terjadi pergerakan gigi<sup>1</sup>. Braket yang terbuat dari logam *stainless steel* merupakan jenis braket yang paling banyak digunakan dalam perawatan ortodontik cekat karena memiliki beberapa kelebihan antara lain kuat, murah, dan daya tahan yang tinggi terhadap korosi<sup>2</sup>.

Braket memerlukan kekerasan dan kekuatan agar gaya dari kawat busur dapat disalurkan dengan tepat untuk menggerakkan gigi sesuai yang direncanakan dalam perawatan ortodontik<sup>2</sup>. Kekerasan dalam ilmu metalurgi berarti ketahanan suatu materi terhadap indentasi, goresan dan abrasi<sup>3</sup>. Dewasa ini berbagai macam braket *stainless steel* beredar di pasaran dengan komposisi, metode pembuatan, kualitas dan harga yang bervariasi. Prapenelitian yang dilakukan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada terhadap 4 macam braket yang beredar di pasaran yaitu braket A, B, C, dan D menunjukkan adanya perbedaan komposisi kandungan unsur-unsur penyusun braket tersebut.

*Stainless steel* merupakan aloi besi dan karbon yang mengandung unsur paduan kromium, nikel, mangan,

dan beberapa logam lain<sup>4</sup>. Unsur-unsur paduan yang ditambahkan berguna untuk memodifikasi sifat-sifat fisik *stainless steel*. Karbon, kromium, nikel, mangan, dan molibdenum berfungsi untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan campuran logam<sup>5</sup>. Nikel, mangan, karbon, dan tembaga merupakan pembentuk struktur austenitik, sedangkan kromium dan molibdenum adalah pembentuk struktur feritik<sup>6</sup>. Tipe austenitik memiliki struktur yang lebih kuat dibandingkan tipe feritik<sup>7</sup>. Berdasarkan prapenelitian yang dilakukan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada diketahui komposisi kandungan kromium, mangan, nikel, dan molibdenum yang terdapat pada 4 macam braket *stainless steel* yaitu braket A, B, C, dan D berbeda. Braket A memiliki komposisi kromium 18,7%, nikel 8,7%, mangan 0,4%, dan molibdenum 0,14%. Braket B memiliki komposisi kromium 25,99%, nikel 0,15%, mangan 0,21%, dan molibdenum 0,51%. Braket C mengandung kromium 20,13%, nikel 3,16%, mangan 1,47%, dan molibdenum 0,02%. Braket D mengandung kromium 15,75%, nikel 3,81%, serta mangan 0,04%.

Material penyusun merupakan faktor yang mempengaruhi daya tahan braket terhadap deformasi<sup>8</sup>. Deformasi braket dapat disebabkan karena beberapa faktor antara lain gaya ortodontik, tekanan mastikasi, korosi, dan proses *debonding*<sup>9</sup>. Perbedaan kekerasan yang besar antara braket dan kawat busur dapat menyebabkan kawat busur tertahan terutama saat retraksi sehingga mengakibatkan berkurangnya kemampuan

penjangkaran<sup>10</sup>. Aplikasi gaya ortodontik seperti gaya *torque* dapat menyebabkan adanya distorsi slot braket<sup>11</sup>.

Braket dapat terlepas dari permukaan gigi selama proses perawatan ortodontik karena tekanan pengunyahan dan sikat gigi atau sengaja dilepas untuk keperluan reposisi<sup>12</sup>. Beberapa metode yang sering digunakan secara langsung oleh operator adalah membersihkan sisa bahan *adhesive* dengan *green stone bur*, membakar sisa bahan *adhesive* baik tanpa atau dengan diikuti pembersihan secara ultrasonik, dan *sandblasting*<sup>13</sup>. Penelitian daur ulang braket menggunakan *mini torch* untuk membersihkan sisa bahan *adhesive* dengan cara membakar dasar braket sampai berwarna merah dilakukan oleh Chetan dan Muralidhar serta Quick dkk<sup>13,14</sup>. Menurut skala visual suhu Howe, warna merah pada logam yang dibakar menunjukkan kisaran suhu 500°C-625°C<sup>15</sup>.

Pemanasan pada proses daur ulang diperlukan untuk menghilangkan matriks polimer bahan *adhesive*. Sisa bahan *adhesive* akan terbakar pada suhu 350°C - 800°C<sup>16</sup>. *Mini torch* merupakan salah satu alat yang sering digunakan untuk mendaur ulang braket. Daur ulang braket di klinik ortodonsia Rumah Sakit Gigi dan Mulut Prof. Soedomo Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gadjah Mada biasanya dilakukan oleh karyasiswa dengan cara membakar dasar braket menggunakan *mini torch* kemudian braket dicelupkan ke dalam air dan dikeringkan sehingga bahan *adhesive* lepas dari dasar braket, tanpa diikuti *electropolishing*. Berdasarkan prapenelitian yang

dilakukan di Laboratorium Bahan dan Logam Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada diketahui suhu nyala api *mini torch* berkisar antara 500°C -600°C dan waktu yang diperlukan untuk membakar sisa bahan *adhesive* sampai habis pada dasar braket *stainless steel* adalah 5 – 10 detik.

Pemanasan dan pendinginan akan mempengaruhi kekuatan dan kekerasan logam. Logam memiliki struktur mikro seperti kristal yang disebut butir<sup>17</sup>. Pendinginan secara cepat menyebabkan terbentuknya struktur butir yang halus<sup>18</sup>, sedangkan pemanasan dapat melemahkan ikatan antar butir, mengubah kekuatan logam serta memperbesar ukuran butir<sup>19,20</sup>. Struktur butir yang halus akan meningkatkan kekuatan logam<sup>20</sup>. Kekuatan tarik dan kekerasan merupakan indikator ketahanan logam terhadap deformasi<sup>20</sup>. Pemanasan *stainless steel* dapat menyebabkan atom karbon bersenyawa dengan atom kromium membentuk endapan kromium karbida pada batas butir kristal logam sehingga kandungan atom kromium di daerah sekitar batas butir kristal logam menjadi berkurang<sup>21</sup>. Berkurangnya kandungan atom kromium di sekitar batas butir akan menurunkan daya tahan *stainless steel* terhadap korosi intergranular, menyebabkan disintegrasi parsial dan melemahnya struktur logam<sup>22</sup>. Penelitian Buchman menyatakan terdapat penurunan kekerasan dan kekuatan tarik braket logam setelah didaur ulang dengan pembakaran pada suhu 1200°C selama 5 detik<sup>22</sup>

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kekerasan antara 4 macam braket stainless steel, perbandingan kekerasan antara braket *stainless steel* yang tidak dibakar (baru) dengan braket *stainless steel* yang dibakar menggunakan *mini torch* dengan variasi waktu pembakaran, dan interaksi macam braket dan variasi lama waktu pembakaran terhadap kekerasan braket *stainless steel*.

### Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental laboratoris. Subjek penelitian adalah 60 braket *stainless steel* slot 0,022" untuk gigi premolar yang disimbolkan dengan macam braket A, B, C, dan D. Tiap macam braket terdiri dari 15 sampel yang dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu kelompok I (5 sampel) adalah braket baru (tidak dibakar), kelompok II (5 sampel) adalah braket yang diberi bahan *adhesive* dan dibakar dengan *mini torch* selama 5 detik, dicelupkan dalam air serta dikeringkan, dan kelompok III (5 sampel) adalah braket yang diberi bahan *adhesive* dan dibakar dengan *mini torch* selama 10 detik, dicelupkan dalam air serta dikeringkan dengan *three-way syringe*. Seluruh sampel dari ketiga kelompok ditanam dalam resin akrilik dengan posisi bagian proksimal braket menghadap ke atas, *dipolish*, dan diukur kekerasannya menggunakan *Vickers Microhardness Tester* dengan beban 200 gr selama 15 detik. Setiap sampel braket diukur 3 kali pada titik yang berbeda dalam area yang

sama yaitu area antara dasar braket dan dasar slot braket. Nilai kekerasan diketahui dari nilai rata-rata besarnya diagonal jejas tapakan piramida intan pada sampel yang dikonversikan pada tabel *Vickers* dengan satuan kg/mm<sup>2</sup>.

### Hasil

Data rerata dan simpangan baku hasil pengukuran kekerasan 4 macam braket *stainless steel* untuk tiap kelompok dengan variasi lama waktu pembakaran terlihat secara deskriptif pada tabel 1. Semua variabel data baik macam braket dan waktu pembakaran berdistribusi normal berdasarkan *Kolmogorov-Smirnov Test* ( $p > 0,05$ ) serta memiliki varian yang homogen ( $p > 0,05$ ) sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan uji parametrik. Berdasarkan tabel 1 dapat diketahui braket A memiliki rerata kekerasan tertinggi ( $272,60 \pm 16,048$  kg/mm<sup>2</sup>) dibandingkan dengan braket B ( $225,80 \pm 13,629$  kg/mm<sup>2</sup>), braket C ( $262,13 \pm 13,617$  kg/mm<sup>2</sup>), dan braket D ( $257,07 \pm 17,698$  kg/mm<sup>2</sup>). Rerata kekerasan terendah dimiliki braket B ( $225,80 \pm 13,629$  kg/mm<sup>2</sup>). Perbedaan kekerasan untuk tiap kelompok variasi lama waktu pembakaran juga terlihat pada tabel 1. Rerata kekerasan tertinggi ( $269,50 \pm 22,336$  kg/mm<sup>2</sup>) terdapat pada braket *stainless steel* baru (lama waktu pembakaran 0 detik), sedangkan rerata kekerasan terendah ( $241,40 \pm 17,184$  kg/mm<sup>2</sup>) terdapat pada braket *stainless steel* yang dibakar selama 10 detik.

Tabel 1. Rerata dan Simpangan Baku Kekerasan Empat Macam Braket *Stainless Steel* (dalam satuan kg/mm<sup>2</sup>)

Macam Braket	Waktu Pembakaran (detik)	Rerata	Simpangan Baku	n
A	0	291,00	±13,730	5
	5	268,60	±2,191	5
	10	258,20	±2,387	5
	Total	272,60	±16,048	15
B	0	243,00	±8,000	5
	5	218,80	±2,950	5
	10	215,60	±4,037	5
	Total	225,80	±13,629	15
C	0	274,00	±11,769	5
	5	263,00	±11,113	5
	10	249,40	±2,702	5
	Total	262,13	±13,617	15
D	0	270,00	±22,305	5
	5	258,80	±3,114	5
	10	242,40	±10,359	5
	Total	257,07	±17,698	15
Total	0	269,50	±22,336	20
	5	252,30	±20,914	20
	10	241,40	±17,184	20
	Total	254,40	±23,080	60

Keterangan:

n : jumlah sampel

Hasil uji normalitas (*Kolmogorov-Smirnov Test*) adalah semua data terdistribusi normal ( $p>0,05$ ) dan uji homogenitas dengan *Levene's Test* menunjukkan nilai probabilitas 0,990 ( $p>0,05$ ) yang berarti varian data yang diuji adalah homogen, sehingga dapat dilanjutkan menggunakan analisis parametrik Anava 2 jalur. Uji Anava 2 jalur digunakan untuk mengetahui perbedaan kekerasan antara 4 macam braket *stainless steel*, perbedaan kekerasan antara braket *stainless steel* baru dengan braket yang dibakar selama 5 detik dan 10 detik, serta interaksi macam braket dan lamanya waktu pembakaran terhadap kekerasan braket *stainless steel*. Hasil uji Anava 2 jalur dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Analisis Variansi 2 Jalur Kekerasan Braket *Stainless Steel*

Sumber Variansi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Rerata Kuadrat	F	p (probabilitas)
Macam Braket	18241,733	3	6080,578	62,269	0,000*
Lama Waktu	8028,400	2	4014,200	41,108	0,000*
Pembakaran					
Macam Braket	471,067	6	78,511	0,804	0,572
-Lama Waktu					
Pembakaran					

Keterangan:

\* : bermakna ( $p<0,05$ )

Hasil uji Anava 2 jalur (tabel 2) menunjukkan terdapat perbedaan kekerasan yang bermakna antara 4 macam braket *stainless steel* ( $p<0,05$ ). Perbedaan kekerasan braket *stainless steel* yang bermakna juga didapatkan antara kelompok lama waktu pembakaran ( $p<0,05$ ). Interaksi antara macam braket dan lama waktu pembakaran terhadap kekerasan braket *stainless steel* tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna ( $p>0,05$ ).

Uji analisis *Post Hoc Multiple Comparison* dengan *Least Significant Difference (LSD)* dilakukan untuk mengetahui perbedaan signifikansi kekerasan antar kelompok macam braket (tabel 3) dan lamanya waktu pembakaran (tabel 4). Hasil uji *Post Hoc* menunjukkan adanya perbedaan kekerasan braket yang bermakna ( $p<0,05$ ) antara braket A dan B, braket A dan C, braket A dan D, braket B dan C, serta braket B dan D, kecuali antara braket C dan D ( $p>0,05$ ). Perbedaan kekerasan braket *stainless steel* yang bermakna juga ditunjukkan antara kelompok lama waktu pembakaran yaitu 0 detik (braket baru) dan 5 detik, 0 detik dan 10 detik, serta 5 detik dan 10 detik.

Tabel 3. Hasil Uji Analisis *Post Hoc Multiple Comparison* dengan *Least Significant Difference (LSD)* untuk Variabel Macam Braket

Macam Braket	Macam Braket	Perbedaan Rerata	p (probabilitas)
A	B	46,80	0,000*
	C	10,47	0,006*
	D	15,43	0,000*
B	C	36,33	0,000*
	D	31,27	0,000*
C	D	5,07	0,167

Keterangan: \* = bermakna ( $p < 0,05$ )

Tabel 4. Hasil Uji Analisis *Post Hoc Multiple Comparison* dengan *Least Significant Difference* (LSD) untuk Variabel Waktu Pembakaran

Waktu Pembakaran	Waktu Pembakaran	Perbedaan Rerata	p (probabilitas)
0" (baru)	5"	17,20	0,000*
	10"	28,10	0,000*
5"	10"	10,90	0,001*

Keterangan: \* = bermakna ( $p < 0,05$ )

## Pembahasan

Berdasarkan hasil uji Anava 2 jalur diketahui bahwa kekerasan 4 macam braket *stainless steel* yang diteliti menunjukkan perbedaan yang bermakna dengan nilai  $p < 0,05$  (tabel 2), kemudian dilanjutkan dengan uji *Post Hoc Multiple Comparison* (tabel 3) untuk mengetahui signifikansi antar kelompok macam braket. Hasil uji *Post Hoc Multiple Comparison* menunjukkan perbedaan yang bermakna antara tiap macam braket ( $p < 0,05$ ), kecuali antara braket C dan D. Adanya variasi kandungan unsur penyusun pada 4 macam braket *stainless steel* dalam penelitian ini dapat menyebabkan variasi pada struktur mikro *stainless steel* braket tersebut sehingga mempengaruhi sifat mekanik termasuk kekerasan. Hasil ini sesuai dengan penelitian Verstrynge dkk yang menyebutkan sifat mekanik suatu aloi dipengaruhi oleh komposisi kimia, struktur mikro, dan proses pembuatannya<sup>23</sup>

Komposisi braket *stainless steel* pada penelitian ini secara umum terdiri dari besi, kromium, nikel, molibdenum, mangan, dan sejumlah kecil unsur lainnya. Kromium, nikel, molibdenum, mangan, dan karbon merupakan beberapa jenis unsur paduan yang ditambahkan pada aloi *stainless steel* untuk memodifikasi sifat-sifat mekanik seperti ketahanan terhadap korosi dan menambah kekerasan aloi<sup>6,24</sup>. Nikel, mangan, karbon, dan tembaga merupakan pembentuk struktur austenitik, sedangkan kromium, molibdenum, silikon adalah pembentuk struktur feritik. Feritik merupakan struktur yang lebih lunak dibandingkan struktur austenitik<sup>25</sup>.

Pra-penelitian komposisi kadar logam yang dilakukan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada menunjukkan braket A terdiri dari Fe 66,91%, Cr 18,71%, Ni 8,74%, Mn 0,43%, Mo 0,14%, serta Cu 1,12%, dan dari komposisinya tergolong braket *stainless steel* tipe austenitik (mengandung 18% Cr dan 8% Ni). Kandungan nikel braket A tertinggi (8,74%) di antara keempat macam braket yang diteliti. Nikel merupakan salah satu unsur paduan dalam aloi *stainless steel* yang berpengaruh pada peningkatan nilai kekerasan dan kekuatan aloi serta diperlukan jumlah minimal nikel sekitar 8% untuk menjaga kestabilan struktur austenitik pada suhu kamar<sup>18,25</sup>. Struktur nikel memiliki batas kelarutan karbon yang lebih besar<sup>6</sup>, sedangkan karbon berperan dalam meningkatkan kekerasan *stainless steel*<sup>28</sup>. Braket

A mengandung tembaga, nikel, dan mangan sebagai pembentuk struktur austenitik dan menjaga kestabilan struktur pada suhu kamar sehingga ketahanan korosi, kekuatan dan keuletan *stainless steel* bertambah<sup>26,27</sup>. Komposisi ini menyebabkan rerata kekerasan braket A adalah yang tertinggi di antara keempat macam braket *stainless steel* yang diteliti

Braket B memiliki komposisi kandungan Fe 65,57%, Cr 25,99%, Ni 0,15%, Mn 0,22%, Mo 0,52%, Cu 3,52%, dan Si 0,36%. Kandungan nikel braket B adalah yang terendah (0,15%), sedangkan kandungan kromium, molibdenum, dan tembaga braket B adalah yang tertinggi (25,99% , 0,52% , dan 3,52%) di antara keempat macam braket yang diteliti. Tembaga merupakan pembentuk struktur austenitik, namun kandungan kromium dan molibdenum yang tinggi serta nikel yang sangat rendah menyebabkan braket B memiliki struktur mikro feritik. Feritik merupakan struktur yang lebih lunak dibandingkan austenitik. Komposisi ini menyebabkan rerata kekerasan braket B adalah yang terendah dibandingkan ketiga macam braket lainnya.

Rerata kekerasan braket D lebih rendah daripada braket C namun pengujian dengan analisis *Post Hoc Multiple Comparison* (tabel 3) tidak menunjukkan perbedaan kekerasan yang bermakna antara braket C dan D. Kondisi ini dimungkinkan karena braket C dan braket D memiliki struktur mikro yang sama yaitu austenitik dengan

kadar nikel yang rendah. Kandungan nikel dan tembaga sebagai pembentuk austenitik pada kedua macam braket tersebut tidak jauh berbeda. Hal tersebut menyebabkan perbedaan kekerasan antara braket C dan D tidak bermakna secara statistik.

Braket C memiliki komposisi kandungan Fe 70,49%, Cr 20,13%, Ni 3,17%, Mn 1,47%, Mo 0,02%, Cu 2,2%, dan Si 0,05%. Kandungan nikel braket C lebih rendah dari braket A tetapi lebih tinggi dari braket B, sementara kandungan kromium braket C lebih tinggi dari braket A namun lebih rendah dari braket B. Kandungan nikel yang rendah dapat mengurangi kelarutan karbon pada struktur austenitik. Kandungan mangan pada braket C tertinggi (1,47%) di antara keempat macam braket yang diteliti, namun kandungan molibdenum braket C sangat kecil (0,02%). Dilihat dari kandungannya, braket C memiliki struktur austenitik dengan kadar nikel rendah. Rendahnya kadar nikel dan molibdenum dapat menurunkan kekerasan aloi.

Braket D memiliki komposisi kandungan Fe 76,5%, Cr 15,75%, Ni 3,82%, Mn 0,04%, Cu 2,91%, dan Si 0,8%. Kandungan besi dan silikon braket D merupakan yang tertinggi (76,5% dan 0,8%) di antara keempat macam braket, sedangkan kandungan kromium dan mangan braket D merupakan yang terendah (15,75% dan 0,04%). Prapenelitian kadar logam braket menunjukkan kandungan molibdenum tidak terdeteksi pada braket D

sehingga dapat menurunkan kekerasan dan ketahanannya terhadap korosi. Kandungan nikel dan tembaga yang tidak jauh berbeda dengan braket C serta kandungan mangan dan kromium yang sangat rendah memungkinkan braket D memiliki struktur mikro yang sama dengan braket C yaitu austenitik dengan kadar nikel rendah.

Braket yang lepas dari permukaan gigi selama proses perawatan ortodontik perlu direkatkan kembali (*rebonding*) agar tidak mengganggu jalannya perawatan. Pembersihan sisa bahan *adhesive* pada dasar braket sebelum proses *rebonding* dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya adalah membakar sisa bahan *adhesive* dengan *mini torch*. Prapenelitian yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Logam Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk membersihkan sisa bahan *adhesive* dengan *mini torch* adalah 5 – 10 detik dengan suhu nyala api *mini torch* 500°C - 600°C.

Hasil uji Anava 2 jalur (tabel 2) menunjukkan terdapat perbedaan kekerasan yang bermakna antara braket *stainless steel* baru (lama waktu pembakaran 0 detik) dengan braket yang dibakar selama 5 detik dan 10 detik ( $p < 0,05$ ), dan dilanjutkan dengan uji *Post Hoc Multiple Comparison* (tabel 4) untuk mengetahui signifikansi antarkelompok lama waktu pembakaran. Hasil uji *Post Hoc* menunjukkan adanya perbedaan kekerasan braket *stainless steel* yang bermakna ( $p < 0,05$ ) antara

kelompok braket baru dengan braket yang dibakar 5 detik dan 10 detik, serta antara kelompok braket yang dibakar 5 detik dengan braket yang dibakar 10 detik. Kekerasan tertinggi terdapat pada kelompok braket baru (lama waktu pembakaran 0 detik) dan kekerasan terendah terdapat pada kelompok braket yang dibakar selama 10 detik. Hasil ini sesuai dengan hipotesis penelitian yang menyatakan urutan kekerasan braket *stainless steel* berdasarkan variasi waktu pembakaran dari yang tertinggi sampai yang terendah adalah braket baru, braket pascabakar 5 detik, dan braket pascabakar 10 detik.

Kekerasan braket *stainless steel* dipengaruhi oleh lama waktu pembakaran, braket baru memiliki kekerasan yang lebih tinggi daripada braket yang dibakar. Ikatan antar butir pada struktur kristal logam melemah akibat panas yang terjadi pada proses pembakaran<sup>19</sup> dan mengubah kekuatan logam. Lamanya pemanasan turut mempengaruhi ukuran butir<sup>20</sup>. Struktur butir kristal logam akan membesar setelah pemanasan<sup>29</sup> sehingga braket yang dibakar kekerasannya berkurang. Logam yang memiliki lebih banyak struktur butir halus akan cenderung lebih keras dibandingkan logam dengan struktur butir yang lebih besar<sup>30</sup>. Pemanasan *stainless steel* juga menyebabkan terbentuknya endapan kromium karbida pada batas butir kristal logam sehingga kandungan atom kromium di daerah sekitar batas butir kristal logam menjadi berkurang<sup>21,31</sup>. Berkurangnya kandungan atom kromium



di sekitar batas butir akan menurunkan daya tahan *stainless steel* terhadap korosi intergranular, menyebabkan disintegrasi parsial sehingga struktur logam melemah<sup>22,32</sup>. Meningkatnya lama waktu pemanasan akan diikuti dengan peningkatan mobilitas atom-atom yang berdifusi dalam struktur mikro logam<sup>24</sup> dan dapat melemahkan ikatan antar atom logam.

Hasil uji Anava 2 jalur (tabel 2) menunjukkan interaksi antara macam braket dan lamanya waktu pembakaran tidak berbeda bermakna ( $p>0,05$ ), sehingga hipotesis penelitian yang menyatakan terdapat interaksi antara macam braket dan lama waktu pembakaran terhadap kekerasan braket *stainless steel* ditolak. Pola penurunan kekerasan yang terdapat pada 4 macam braket *stainless steel* tersebut sama yaitu semakin lama waktu pembakaran akan diikuti dengan penurunan kekerasan tiap macam braket. Kondisi ini dimungkinkan karena struktur mikro tiap braket baru memiliki ukuran butir yang lebih halus dan ikatan antar atom logam yang lebih kuat dibandingkan braket yang dibakar meskipun terdapat variasi komposisi unsur penyusun dari tiap macam braket, sehingga kekerasan braket baru lebih tinggi baik pada macam braket A, B, C, dan D. Pembakaran selama 5 detik dan 10 detik tidak mengubah komposisi braket sehingga braket A tetap memiliki kekerasan tertinggi dibandingkan macam braket B, C, dan D baik untuk braket baru maupun pascabakar.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. a. Kekerasan braket A adalah yang tertinggi dibandingkan braket C, D, dan B, sedangkan kekerasan braket B adalah yang terendah diantara 4 macam braket.
- b. Kekerasan braket C tidak berbeda dengan braket D.
2. Urutan kekerasan braket *stainless steel* berdasarkan variasi waktu pembakaran dengan *mini torch* dari yang tertinggi sampai yang terendah adalah braket baru, braket pascabakar 5 detik, dan braket pascabakar 10 detik.
3. Tidak terdapat interaksi antara macam braket dan lamanya waktu pembakaran terhadap kekerasan braket *stainless steel*.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Rahardjo, P., *Ortodonti Dasar*, edisi 1, Airlangga University Press, Surabaya, 2009, h. 127-141
2. Keun-Taek, O., Sung-Uk, C., Kwang-Mahn, K., dan Kyoung-Nam, K., A Stainless Steel Bracket For Orthodontic Application, *Eur J Orthod.*, 2005; 27: 237-244
3. Noort, R., *Introduction to Dental Materials*, Mosby, London, 1994, p.46
4. Craig, R. G., *Restorative Dental Materials*, Mosby Co., St.Louis, 1993, p. 435-36
5. Rani, M. S., *Removable Orthodontic Appliances*, 1<sup>st</sup> ed., All India Publishers and Distributors, Chennai, 1997, p. 14-26

6. Bhadeshia, H. K. D. H. , dan Honeycombe, S. R., *Steels Microstructure and Properties*, 3<sup>rd</sup> ed., Elsevier, Oxford, 2006, p. 2, 263
7. Cunat, P. J., *Alloying Elements in Stainless Steel and Other Chromium-Containing Alloys*, 2004, p.1-24, diunduh dari [www.euroniox.org](http://www.euroniox.org) tanggal 4 Mei 2013
8. Flores, D. A., Choi, L. K., Caruso, J. M., Tomlinson, J. L., Scott, G. E. , dan Jeiroudi, M. T., Deformation of Metal Brackets: A Comparative Study, *Angle Orthod.*, 1994; 64 (4): 283-90
9. Coley-Smith, A. , dan Rock, W. P., Distortion of Metallic Orthodontic Brackets After Clinical Use and Debond by Two Methods, *British Journal of Orthodontics*, 1999; 26 (2): 135-39
10. Sankar, S. G., Shetty, S. , dan Karanth, D., A Comparative Study of Physical and Mechanical Properties of The Different Grades of Australian Stainless Steel Wires, *Trends Biomater. Artif. Organs*, 2011; 25 (2): 67-74
11. Kapur, R., Comparison of Load Transmission and Bracket Deformation Between Titanium and Stainless Steel Brackets, *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1999; 116 (3): 275-78
12. Proffit, W. R., Fields, H. W. , dan Sarver, D. M., *Contemporary Orthodontic*, 3<sup>rd</sup> ed., Mosby, St Louis, 2000, p. 391-392, 418-419
13. Chetan, G. , dan Muralidhar, R. Y., Comparative Evaluation of Four Office Reconditioning Methods for Orthodontic Stainless Steel Brackets on Shear Bond Strength: An In Vitro Study, *Annals and Essences of Dentistry*, 2011; 3 (1): 1-8
14. Quick, A. N., Harris, A. M. P. , dan Joseph, V. P., Office Reconditioning of Stainless Steel Orthodontic Attachments, *Eur J Orthod.*, 2005; 27: 231-236
15. Renfroe, E. W., *Edgewise*, Lea and Febriger, Philadelphia, 1975, p. 27-29
16. Matasa, C. G., Metal Strength of Direct Bonding Brackets, *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1998; 113 (3): 282-6
17. Anusavice, K. J., *Phillips' Science of Dental Material*, WB. Saunders Co., Missouri, 2003, p.96-98, 334
18. Combe, E.C., *Notes On Dental Materials*, 6<sup>th</sup> ed., Churchill Livingstone, London, 1992, p.46
19. Asfarizal, Pengaruh Temperatur yang Ditinggikan Terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah, *TeknikA*, 2008; 2 (29): 53-58
20. Callister, W. D., *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 3<sup>rd</sup> ed., John Wiley and Sons Inc., New York, 1994, p.333
21. Tsui-Hsien, H., Chen-Chieh, Y., dan Chia-Tze, K., Comparison of Ion Release From New and Recycled Orthodontic Brackets, *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, 2001; 120 (1): 68-75
22. Buchman, D. J. L., Effects of Recycling On Metallic Direct-bond Orthodontic Brackets, *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, 1980; 77 (6): 654-668
23. Verstrynge, A., Humbeeck, J. V. , dan Willems, G., In-vitro Evaluation of the Material Characteristics of Stainless Steel and Beta-Titanium Orthodontic Wires, *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2006; 130 (4): 460-70
24. Saefudin, Yuswono , dan Gede, I. N., Pengaruh Suhu Pemanasan terhadap Sensitasi Pada Baja *Stainless Steel 304*, *Metalurgi*, 2008; 23 (2): 121-131
25. Sumiyanto, dan Abdunnaser, Pengaruh Proses *Hardening* dan *Tempering* Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Baja Karbon Sedang Jenis SNCM 447, *Bina Teknika*, 2011; 7 (2), diunduh dari [www.library.upnvj.ac.id/pdf/artikel/artikel\\_jurnal\\_ilmiah/bina\\_teknika/BT-vol.7-No.2-Ed.Nov.2011/](http://www.library.upnvj.ac.id/pdf/artikel/artikel_jurnal_ilmiah/bina_teknika/BT-vol.7-No.2-Ed.Nov.2011/) tanggal 14 Oktober 2012
26. Graber, T. M. , dan Vanarsdall, R. L., *Orthodontics: Current Principles and Techniques*, 3<sup>rd</sup> ed., Mosby Co., St. Louis, 2000, p. 315-326
27. McCabe, J. F. , dan Walls, A. W. G., *Applied Dental Materials*, Blackwell Publishing, Oxford, 2008, p.85-86
28. Budianto, A., Purwantini, K. , dan Sujitno, B. T., Pengamatan Struktur Mikro Pada Korosi Antar Butir Dari Material Baja Tahan Karat Austenitik Setelah Mengalami Proses Pemanasan, *JFN*, 2009; 3 (2): 107-29

26. Nurhidayat, A., Pengaruh Metode Pendinginan Pada Perlakuan Panas Pasca Pengelasan Terhadap Karakteristik Sambungan Las Logam Berbeda Antara Baja Karbon Rendah SS 400 dengan Baja Tahan Karat Austenitik AISI 304, *Politeknoains*, 2012; XI (1): 64-76
30. Ferracane, J. L., *Materials In Dentistry: Principles and Applications*, 2<sup>nd</sup> ed., Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2001, p.148-153
31. Manappallil, J. J., *Basic Dental Materials*, 2<sup>nd</sup> ed., Jaypee Brothers Medical Publisher Ltd., New Delhi, 2003, p.379-82
32. Matasa, C.G., Orthodontic Recycling at the Crossroads, *Journal of Clinical Orthodontic*, 2003; 37 (3): 133-39