

PELEPASAN ION NIKEL PADA BRAKET *STAINLESS STEEL* BARU DAN DAUR ULANG DALAM SALIVA BUATAN (Pemeriksaan Laboratorium)

Siti Fatimah*, Soekarsono**, dan 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

Braket selalu berada dalam rongga mulut selama perawatan ortodontik sehingga terjadi interaksi braket dengan lingkungannya. Salah satu kriteria yang harus dipenuhi oleh braket ortodontik adalah memiliki biokompatibilitas yang baik dan daya tahan yang tinggi terhadap korosi. Produk utama hasil proses korosi yang paling merugikan bagi tubuh adalah ion nikel. Pelepasan ion nikel pada braket dipengaruhi oleh komposisi kandungan logam, metode pembuatan serta lingkungan dalam mulut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pelepasan ion nikel pada braket *stainless steel* baru dan daur ulang setelah dilakukan perendaman pada saliva buatan pH 5. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratoris. Sampel yang digunakan berjumlah 48 braket *stainless steel* untuk gigi premolar, dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok I braket baru dan kelompok II braket daur ulang kemudian dilakukan perendaman pada saliva buatan pH 5 selama satu minggu. Data hasil penelitian ini kemudian dianalisis menggunakan uji-T. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan besar pelepasan ion nikel antara braket *stainless steel* baru terhadap braket *stainless steel* daur ulang yang direndam pada saliva buatan pH 5. Braket *stainless steel* daur ulang melepaskan ion nikel lebih besar dari braket *stainless steel* baru.

Kata kunci: braket *stainless steel*, pelepasan ion nikel, korosi, daur ulang, saliva buatan

Abstract

During the orthodontic treatment, bracket always contacts with oral environment, so that there is interaction between both of them. Because of that, orthodontic bracket should have a good biocompatibility to the oral environment as well as high resistancy to corrosion. Nickel ion is the main products of corrosion that could harm human body. Its release is influenced by metal content composition, manufacturing method, and oral environment.

The aim of this study was to determine the differences in nickel ion release among four new and recycled stainless steel bracket brands and also to understand whether there is an intreraction among the brand of bracket, the recycling process and the immersing in artificial saliva of 5 and 6.7 pH to the amount of nickel ion release.

The sample consisted of 96 stainless steel brackets for premolar teeth, taken from four bracket brands divided into two groups, i.e., group I the new brackets and group II the recycled brackets. Each group was then divided into two sub-groups, namely those immersed in the artificial saliva of 5 and 6.7 pH values, respectively. The collected data were then analyzed by means of three-way analysis of variance and multiple comparison methods.

The results of the study showed that there was significant difference in nickel ion release among four stainless steel bracket brands ($p < 0.05$). There was also significant difference in nickel ion release between the new and recycled stainless steel brackets ($p < 0.05$). There was significant difference in nickel ion release between stainless steel brackets immersed in artificial saliva of 5 and 6.7 pH values ($p < 0.05$). There was also significant interacting influence of bracket brands, recycling and immersing in artificial saliva of 5 and 6.7 pH values on the nickel ion release ($p < 0.05$). Conclusion, the study showed that there was significant differences in nickel ion release among four stainless steel bracket brands. There was also significant difference in nickel ion release between the new and recycled stainless steel brackets. There was significant difference in nickel ion release between stainless steel brackets immersed in artificial saliva of 5 and 6.7 pH values. There was also significant interacting influence of bracket brands, recycling and immersing in artificial saliva of 5 and 6.7 pH values on the nickel ion release.

Keywords: *stainless steel brackets, nickel ion release, corrosion, recycling, artificial saliva*

PENDAHULUAN

Perawatan ortodontik dengan alat cekat merupakan perawatan yang sering dilakukan di klinik ortodonsia Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gajah Mada, praktek swasta, maupun rumah sakit. Braket adalah salah satu komponen dasar dari alat ortodontik cekat. Bahan braket umumnya terbuat dari logam, keramik, plastik dan komposit (Issacson dan William, 1992).

Braket yang banyak digunakan terbuat dari *stainless steel* (Keun-Taek Oh dkk. 2005). *Stainless steel* merupakan logam campuran dari besi (komponen utama), kromium 18%-20%, nikel 8%-10% dengan sejumlah kecil mangan, silikon dan karbon yang kadarnya kurang dari 0,1% (Maijer dan Smith, 1986). Kromium merupakan komponen tambahan yang berfungsi meningkatkan ketahanan terhadap korosi (Park dan Shearer, 1983). Nikel berfungsi membantu ketahanan logam terhadap korosi serta memperkuat logam (McCabe, 1987). Silikon berfungsi sebagai anti oksidasi, yaitu menaikkan ketahanan terhadap oksidasi. *Molibdenum* berfungsi untuk meningkatkan daya tahan terhadap korosi pada suhu tinggi dan meningkatkan kekerasan (Sumiyanto dan Abdunnaser 2011).

Selama perawatan, braket selalu berada dalam rongga mulut sehingga terjadi interaksi braket dengan lingkungan dalam rongga mulut. Rongga mulut memiliki kondisi lingkungan yang berubah-ubah dipengaruhi oleh temperatur, kualitas dan kuantitas saliva, derajat keasaman saliva, plak, jumlah protein pada saliva, sifat fisika dan kimia makanan maupun minuman, serta kondisi kesehatan umum (Gursoy dan Acar, 2005). Saliva disekresi oleh kelenjar saliva secara normal memiliki rentang pH 6,0–7,4 (Cole dan Estoe, 1997). Keasaman saliva dapat berubah yang disebabkan oleh akumulasi plak dalam mulut dan kecepatan aliran saliva sehingga pH saliva turun hingga 4,95 (Ferriter dan Moyers, 1990).

Perlekatan braket diperlukan dalam perawatan ortodontik cekat, terdapat dua cara perlekatan yaitu *bonding* dan *banding*. *Bonding* lebih banyak digunakan karena dinilai lebih estetik dan praktis. Braket sering kali lepas karena tekanan kunyah, sikat gigi atau tindakan operator sehingga menghambat perawatan ortodontik. Braket yang lepas harus dilekatkan kembali (*rebonding*) menggunakan braket baru atau melakukan daur ulang braket.

Daur ulang braket dilakukan oleh praktisi klinis dengan alasan untuk penghematan biaya sehingga lebih murah dibanding braket baru (Coley-Smith dan Rock, 1997). Prosedur daur ulang braket meliputi pelepasan bahan *adhesive* dari dasar braket tanpa atau dengan diikuti pembersihan secara ultrasonik, dan *sandblasting* (Chetan G, dan Muralidhar 2011). Pelepasan bahan *adhesive* dapat menggunakan bahan kimia ataupun dengan pemanasan (Wheeler dan Ackerman. 1983). Pelaksanaan daur ulang braket yang dilakukan oleh karya siswa Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gajah Mada biasanya dilakukan dengan membakar dasar braket menggunakan *mini torch* kemudian braket didinginkan dengan air sehingga bahan *adhesive* braket lepas dari dasar braket. Proses pemanasan pada braket *stainless steel* akan berpengaruh pada mikrostruktur braket. 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 yang mengakibatkan ketahanan korosi pada *stainless steel* berkurang (Chung, Ji dan Jun, 2001; Zinelis dkk. 2004).

Korosi adalah reaksi kimia antara logam dengan lingkungannya membentuk suatu senyawa logam (Combe, 1992). Proses korosi selalu diikuti dengan pelepasan ion dari unsur logam (Anusavice, 2003). Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi logam yaitu : (1) komposisi, (2) metode pembuatan, (3) kekasaran permukaan, (4) pemanasan dan (5) lingkungan (Schmaltz G dan Bindsløv, 2009).

Produk utama yang dihasilkan oleh proses korosi adalah ion besi, ion nikel, dan ion kromium, namun yang memiliki pengaruh paling merugikan bagi tubuh adalah ion nikel dan ion kromium (Eliades dan Athanasiou, 2002). Pengaruh merugikan dari ion nikel bagi tubuh yaitu sensitivitas, toksisitas, dan karsinogenik⁵. Jumlah ion nikel yang terlepas lebih banyak dibandingkan ion kromium. Ion yang terlepas dari braket bersenyawa dengan ion dalam saliva membentuk cairan elektrolit. Kation nikel lebih toksik terhadap sel dari pada senyawa kromium (Bumgardner dan Lucas, 1995).

Penderita hipersensitivitas nikel pada populasi umum tahun 1990-an sebanyak 40% dan prevalensi alergi terhadap nikel lebih sering

terjadi pada wanita (Matasa, 2000). Studi kasus lain menyebutkan bahwa hipersensitivitas nikel 10 % terjadi pada wanita dan 1% pada pria (Peltonen, 2006).

Salah satu kriteria yang harus dipenuhi oleh braket ortodontik adalah memiliki biokompatibilitas yang baik dan daya tahan yang tinggi terhadap korosi. Biokompatibilitas braket terhadap jaringan tubuh merupakan salah satu tolok ukur dari kualitas braket (Flores, 1994). Kualitas braket *stainless steel* yang beredar di pasaran bervariasi tergantung dari komposisi dan metode pembuatan braket (Zinelis dkk., 2005). Komposisi kandungan logam dan metode pembuatan braket ditentukan oleh produsen braket. Pelepasan ion nikel tidak dipengaruhi oleh persentase kandungan ion nikel pada braket, tetapi dipengaruhi komposisi dan metode pembuatan braket (Grimsdottir, 1992), serta derajat keasaman dalam mulut (Sfondrini dkk., 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan pelepasan ion nikel pada empat merek braket baru dan daur ulang yang direndam dalam saliva buatan pH 5 dan 6,7. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan bagi ortodontis mengenai merek braket, daur ulang braket dan pengaruh perendaman braket dalam saliva terhadap pelepasan ion nikel pada braket logam *stainless steel*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan empat merek braket, tiap merek braket terdiri dari dua belas sampel yang dibagi menjadi dua kelompok yaitu: kelompok I braket baru (enam sampel) dan kelompok II braket daur ulang (enam sampel). Masing-masing kelompok dibagi menjadi dua sub kelompok yaitu perendaman dalam saliva buatan dengan pH 5 (tiga sampel) dan pH 6,7 (tiga sampel). Tiap sampel terdiri dari dua buah braket, direndam dalam tabung reaksi yang berisi tiga ml saliva buatan yang diinkubasi selama satu minggu pada suhu 37°C. Braket dikeluarkan dari tabung reaksi setelah satu minggu, kemudian dipisahkan dan disimpan menurut kelompok masing-masing. Saliva buatan yang digunakan untuk merendam braket diambil satu ml untuk dilakukan pengujian pelepasan ion nikel menggunakan *atomic absorption spectrophotometry* (AAS).

Subjek penelitian adalah 48 braket *straight stainless steel* dari empat merek yang berbeda untuk gigi premolar slot 0,22” dengan spesifikasi sebagai berikut :

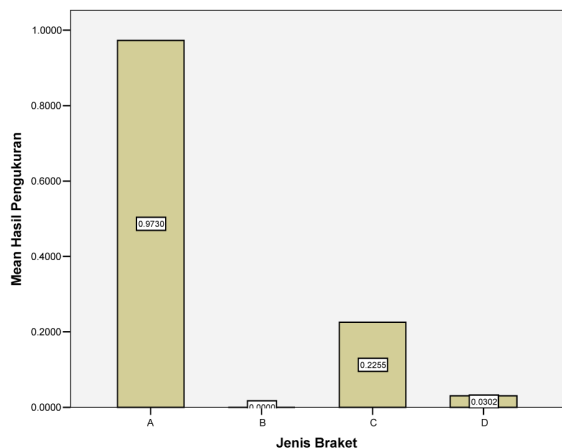
Tabel 1. Spesifikasi braket *straight stainless steel*

Merek	Unsur	Rerata ± SD	Posisi
A	Cr	18,70957 ± 0,16905	Premolar atas dan bawah
	Fe	66,91473 ± 0,87690	
	Ni	8,74353 ± 0,14695	
	Mn	0,43207 ± 0,12288	
	Mo	0,14367 ± 0,00854	
	Cu	1,14140 ± 0,05617	
B	Cr	25,99323 ± 0,12825	Premolar atas dan bawah
	Fe	65,56957 ± 0,25144	
	Ni	0,15307 ± 0,00167	
	Mn	0,21517 ± 0,11080	
	Mo	0,51870 ± 0,01130	
	Cu	3,51537 ± 0,04257	
C	Si	0,36297 ± 0,01305	Premolar atas dan bawah
	Cr	20,13700 ± 0,09232	
	Fe	70,49080 ± 1,12962	
	Ni	3,16910 ± 0,01820	
	Mn	1,47393 ± 0,53376	
	Mo	0,02343 ± 0,00808	
D	Cu	2,20267 ± 0,06022	Premolar atas dan bawah
	Si	0,53373 ± 0,01625	
	Cr	15,75207 ± 0,20031	
	Fe	76,50420 ± 0,68968	
	Ni	3,81790 ± 0,04382	
	Mn	0,04523 ± 0,00146	
D	Mo	-	Premolar atas dan bawah
	Cu	2,91060 ± 0,09331	
	Si	0,80247 ± 0,03718	
	P	0,90730 ± 0,02338	

HASIL PENELITIAN

Penelitian untuk mengetahui jumlah pelepasan ion nikel pada empat merek braket *stainless steel* baru dan daur ulang yang direndam dalam saliva pH 5 dan 6,7 telah dilakukan di Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Bagian Kimia Analitik Universitas Gadjah

Mada Yogyakarta. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 1. menunjukkan bahwa braket merek A melepaskan ion nikel paling banyak, diikuti braket merek C, kemudian braket merek D dan paling kecil adalah braket merek B

Uji ANAVA 3 jalur pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan pelepasan ion nikel pada empat merek braket, braket baru dan braket daur ulang yang direndam dalam saliva buatan pH 5 dan pH 6,7 serta interaksi antara merek braket, daur ulang dan perendaman dalam saliva buatan pH 5 dan pH 6,7. Hasil uji ANAVA 3 jalur dapat dilihat pada tabel 3.

Hasil uji ANAVA 3 jalur (tabel 3) tentang perbandingan besar pelepasan ion nikel pada empat merek braket *stainless steel* menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna pada keempat merek braket dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Perbedaan bermakna juga didapatkan pada besar pelepasan ion nikel antara braket baru dan braket daur ulang dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Besar pelepasan ion nikel pada braket yang direndam dalam saliva buatan pH 5 memiliki perbedaan bermakna terhadap braket yang direndam pada saliva buatan pH 6,7 dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Terdapat interaksi antara merek braket dan proses daur

Tabel 2. Rerata pelepasan ion nikel pada braket baru dan daur ulang dalam saliva buatan pH 5 dan pH 6,7

Kelompok	Rendaman	Braket	Rerata μg	Simpangan Baku	n
Braket baru	pH 5 (Asam)	A	0,000000	0,0000000	3
		B	0,000000	0,0000000	3
		C	0,262200	0,0829416	3
		D	0,000000	0,0000000	3
	pH 6,7 (Netral)	A	0,000000	0,0000000	3
		B	0,000000	0,0000000	3
		C	0,000000	0,0000000	3
		D	0,000000	0,0000000	3
Daur ulang	pH 5 (Asam)	A	3,857000	0,2224473	3
		B	0,000000	0,0000000	3
		C	0,615000	0,1916586	3
		D	0,080333	0,0681493	3
	pH 6,7 (Netral)	A	0,035000	0,0212838	3
		B	0,000000	0,0000000	3
		C	0,024667	0,0299555	3
		D	0,002000	0,0000000	3

Keterangan
n: jumlah sampel

Tabel 3. Rangkuman Hasil ANAVA Tiga Jalur

Sumber	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Rerata kuadrat	F hitung	P
Merek	7,453	3	2,484	420,652	0,00
Daur ulang	3,614	1	3,614	612,018	0,00
Perendaman	4,305	1	4,305	728,940	0,00
Merek >> daur ulang >> perendaman	7,633	3	2,544	430,823	0,00
Merek >> daur ulang	7,864	3	2,621	443,895	0,00
Merek >> perendaman	7,206	3	2,402	406,758	0,00
Daur ulang >> perendaman	3,414	1	3,414	578,116	0,00

ulang braket terhadap pelepasan ion nikel dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Interaksi antara merek braket dan perendaman saliva buatan terhadap pelepasan ion nikel juga tampak pada hasil penelitian ini dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Terdapat interaksi antara proses daur ulang braket dan perendaman pada saliva buatan dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Merek braket, daur ulang dan perendaman dalam saliva buatan pH5 dan pH 6,7 menunjukkan adanya interaksi dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$.

Uji *post hoc multiple comparisons* dilakukan untuk mengetahui perbedaan signifikansi antar kelompok merek braket (tabel 4).

Tabel 4. Rangkuman uji *Least Significant Difference* (LSD) antar merek braket

Merek braket	Merek braket	Rerata Perbedaan	signifikansi
A	B	0,973	0,000*
	C	0,748	0,000*
	D	0,943	0,000*
B	C	-0,225	0,000*
	D	-0,030	0,342
C	D	0,195	0,000*

*: bermakna pada $p < 0,05$

Hasil uji *post hoc multiple comparisons* mengenai perbedaan pelepasan ion nikel antar kelompok merek braket menunjukkan bahwa antar merek braket terdapat perbedaan bermakna kecuali pada braket merek B terhadap merek D.

PEMBAHASAN

Braket *stainless steel* yang beredar di pasaran terdiri dari bermacam-macam merek dengan kualitas bervariasi tergantung produsen braket, sehingga penelitian mengenai kualitas braket pada braket *stainless steel* yang dipakai dalam perawatan ortodontik perlu dilakukan (Zinelis dkk., 2005). Penelitian ini menggunakan *atomic absorption spectrophotometric* (AAS) untuk menentukan konsentrasi suatu unsur yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom.

Berdasarkan gambar 1. didapatkan perbedaan yang bermakna besar pelepasan ion nikel pada keempat merek braket ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis yang menyatakan terdapat perbedaan pelepasan ion nikel antara empat macam merek braket *stainless steel* diterima.

Braket merek A, merek B, merek C dan merek D memiliki komposisi dan metode pembuatan yang berbeda sehingga sehingga pelepasan ion nikelnya berbeda juga. Hasil prapenelitian tentang kandungan ion nikel pada keempat merek braket tersebut menunjukkan kandungan ion nikel terbesar adalah braket merek A diikuti braket merek D, C dan B, tetapi pelepasan ion nikel paling besar terjadi pada braket merek A diikuti braket merek C, D dan B, artinya persentase kandungan ion nikel tidak mempengaruhi besar pelepasan ion nikel.

Hasil uji *post hoc multiple comparisons* mengenai perbedaan pelepasan ion nikel antar kelompok merek braket menunjukkan bahwa antar merek braket terdapat perbedaan yang bermakna kecuali pada braket merek B terhadap braket merek D.

Pelepasan ion nikel braket merek B terhadap merek D didapatkan perbedaan yang tidak bermakna. Braket merek B memiliki kandungan molibdenum sebagai salah satu pertahanan terhadap korosi. Kandungan silikon braket merek B lebih sedikit dibandingkan dengan braket merek D, hal ini memungkinkan braket merek D tahan terhadap oksidasi. Braket merek B dan braket merek D memiliki pertahanan terhadap korosi sehingga ion nikel yang dilepaskan memiliki perbedaan yang tidak signifikan.

Pelepasan ion nikel braket merek C terhadap merek D didapatkan perbedaan yang bermakna. Pelepasan ion nikel braket merek C lebih besar dari pelepasan ion nikel merek D, hal ini disebabkan karena kandungan silikon braket merek C lebih kecil dibanding merek D, sehingga braket merek C ketahanan terhadap oksidasi rendah yang memudahkan terjadinya pelepasan ion nikel. Braket merek C dalam dalam proses pembuatannya dibuat menggunakan brazing, sedangkan braket merek D tidak. Hal tersebut memungkinkan braket merek C melepaskan ion nikel yang lebih besar dibanding braket merek D.

Berdasarkan tabel 4, didapatkan bahwa besar pelepasan ion nikel pada braket daur ulang menunjukkan pelepasan ion yang berbeda dibandingkan dengan braket baru. Hal ini sesuai dengan hipotesis yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan pelepasan ion nikel pada braket baru dengan braket daur ulang. Menurut Tsui dkk. (2001) pelepasan ion nikel lebih besar pada braket daur ulang dibanding braket baru.

Proses daur ulang menggunakan *mini torch* mampu mempengaruhi struktur mikro braket. Pemanasan *stainless steel* pada suhu sekitar 400°C-900°C menyebabkan atom karbon secara cepat bermigrasi dan menyebar ke area batas kristal, bersenyawa dengan atom kromium membentuk endapan kromium karbida yang korosif (Park dan Shearer, 1983).

Braket yang direndam dalam saliva buatan pH 5 dibandingkan dengan yang direndam dalam pH 6,7 menunjukkan perbedaan jumlah pelepasan ion nikel yang bermakna (tabel 5). Hal ini juga menunjukkan hipotesis yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan pelepasan ion nikel antara braket *stainless steel* yang direndam dalam saliva buatan pH 5 dengan pH 6,7 diterima. Penurunan pH adalah faktor penting dalam proses korosi. Menurut Callister (2012) larutan yang memiliki pH asam lebih korosif dibanding larutan dengan pH netral. Semakin asam suatu larutan (semakin kecil nilai pH) maka semakin besar konsentrasi ion H⁺, sehingga menyebabkan larutan lebih korosif. Larutan asam menghasilkan ion H⁺ yang reaktif sehingga dapat mengoksidasi logam yang berada dalam larutan. Hal ini sesuai dengan penelitian Sfondrini (2010) yang menunjukkan bahwa dalam saliva pH asam, braket daur ulang melepaskan ion nikel lebih besar dibanding pada pH netral.

Terdapat interaksi antara merek braket, daur ulang dan perendaman dalam saliva buatan pH 5 dan pH 6,7 terhadap besar pelepasan ion nikel (tabel 5). Hal ini sesuai dengan hipotesis yang menyatakan bahwa terdapat interaksi pengaruh perbedaan merek braket, daur ulang braket, perendaman braket dalam saliva buatan pH 5 dengan pH 6,7. Menurut Geis-Gerstorfer (1994) pelepasan ion nikel dipengaruhi oleh komposisi dan metode pembuatan braket dari pabrik, daur ulang braket serta tingkat keasaman dalam mulut. Braket yang memiliki kandungan molibdenum akan meningkatkan resistensi terhadap korosi pada suhu tinggi sehingga pelepasan ion nikelnya lebih kecil. Silikon, berfungsi sebagai anti oksidasi, yaitu menaikkan ketahanan terhadap oksidasi (Sumiyanto dan Abdunnaser, 2011). Pembuatan braket dengan metode kombinasi *brazing* akan menaikkan pelepasan ion nikel (Chaturvedi, 2008). Proses daur ulang dengan pemanasan pada suhu sekitar 400°C-900°C akan membentuk endapan kromium karbida yang korosif (Park dan Shearer, 1983). Braket

yang direndam dalam saliva buatan pH 5 akan melepaskan ion yang jumlahnya lebih besar dibanding dengan direndam dalam saliva buatan pH 6,7 (Sfondrini, 2010).

KESIMPULAN

Hasil penelitian mengenai pelepasan ion nikel pada braket yang didaur ulang yang direndam dalam saliva buatan pH 5 dan 6,7, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Terdapat perbedaan besar pelepasan ion nikel antara empat merek braket *stainless steel* kecuali braket merek B terdapat merek D.
2. Terdapat perbedaan besar pelepasan ion nikel antara braket *stainless steel* daur ulang dan braket baru kecuali braket merek B. Braket *stainless steel* daur ulang melepaskan ion nikel lebih besar dari braket *stainless steel* baru.
3. Terdapat perbedaan besar pelepasan ion nikel antara braket *stainless steel* yang direndam pada saliva buatan pH 5 dan 6,7 kecuali braket merek B. Braket *stainless steel* yang direndam dalam saliva buatan pH 5 melepaskan ion nikel lebih besar dari braket *stainless steel* yang direndam dalam saliva buatan pH 6,7.
4. Terdapat interaksi pengaruh antara merek braket, daur ulang dan perendaman pada pH saliva 5 dan 6,7 terhadap pelepasan ion nikel.

SARAN

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

1. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh daur ulang braket pada spesimen yang ditempelkan pada gigi beserta *bondingnya*.
2. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai pelepasan nikel yang dilakukan secara *in vivo* pada binatang percobaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Issacson KG, dan William JK. An introduction to fixed appliance. John Wright and soon Ctd; 1992. h.20 – 22.
2. Keun-Taek Oh, Sung-Uk Choo, Kwang-Mahn Kim dan Kyoung-Nam Kim. A stainless steel bracket for orthodontic application. European Journal of Orthodontics; 2005. 27: 237–244.

3. Maijer R, dan Smith DC. Biodegradation of the Orthodontic Bracket System. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 1986. 90:195-198.
4. Park HY, dan Shearer TR. In Vitro Release of Nikel and Kromium from Simulated Orthodontic Appliances. *Am J Orthod Dentofac Orthop*; 1983. (84) :150.
5. McCabe JF. *Anderson's Applied Dental Materials*. 6th. Ed. Blackwell Scientific Publications Oxford; 1987. h. 65 – 69.
6. Sumiyanto dan Abdunnaser. Pengaruh Proses Hardening dan Tempering Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Baja Karbon Sedang Jenis SNCM 447. *BinaTeknika*, 7(2): www.library.upnvj.ac.id/pdf/artikel/artikel_jurnal_ilmiah/Bina_teknika/BT-Vol.7-No.2-Ed.Nov 2011.
7. Gursoy S, dan Acar AG. Comparison of Metal Release from New and Recycled Bracket-Archwire Combinations. *The Angle Orthodontist*; 2005. 75(1):92-94.
8. Cole AS dan Estoe JE. *Biochemistry and Oral Biology*. Tappon Co. LTD Tokyo and Singapore; 1997. h.368-370.
9. Ferriter JP dan Moyers CE. The effec of Hydrogen Ion Concentration on the Force degradation Rate of of Orthodontic Polyurethane Chain Elastics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 1990. 198 (4): 404-410.
10. Coley-Smith A dan Rock WP. Orthodontic Products Update: Bracket recycling-who does what? *British Journal of Orthodontics*; 1997. 24: 172–174.
11. Chetan G, dan Muralidhar RY. Comparative Evaluation of Four Office Reconditioning Methods for Orthodontic Stainless Steel Brackets on Shear Bond Strength: An In Vitro Study. *Annals and Es-sences of Dentistry*; 2011. 3 (1): 1-8.
12. Wheeler dan Ackerman. Bond Strength of Thermally Recycled Metal Brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 1983. 83 (3): 181-86.
13. Chung JH, Ji SS dan Jung YC. Metal Release from Simulated Fixed Orthodontic Appliances, *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 2001. 120(4) 383-391.
14. Zinelis S, Annousaki O, Eliades T dan Makou M. Elemental Composition of Brazing Alloys in Metallic Orthodontic Brackets. *Angle Orthod*; 2004. 74:394–399.
15. Combe EC. *Sari Dental Material*. Balai Pustaka Jakarta; 1992. h.17-18.
16. Anusavice KJ. *Phillips's Science of Dental Material*. 40 th ED WB Saunders Company St. Louis Missouri; 2003. h.56-61.
17. Schmaltz G dan Bindslev DA. *Biocompatibility of Dental Material*. Springer Verlag Berlin Hedelberg; 2009 . h 234-250.
18. Eliades T dan Athanasiau AE. In Vivo of Orthodontic Logams : Implications for Corrosion Potential Nickel Release and Biocompatibility. *The Angle Orthodontist*; 2002. 72(3) 222-37.
19. Bumgardner D dan Lucas LC. Cellular Response to Metallic Ions Released from Nickel-Kromium Dental Alloys. *J Dent Res*; 1995. 74(8):1521-27.
20. Matasa CG. From Now On, It's Just Up to You to Fight Your Patient's Nickel Allergies. *The Orthodontic Materials Insider*; 2000. 13(3):1-7.
21. Peltonen L. Nickel sensitivity in the general population. *Contact Dermatitis*; 2006 5:27-32
22. Flores DA, Choi LK, Caruso JM, Tomlinson J L, Scott, GE dan Jeiroudi MT., Deformation of Metal Brackets: A Comparative Study. *Angle Orthod*; 1994. 64 (4): 283-290.
23. Zinelis S, Annousaki O, Eliades T dan Makou M., Metallurgical Characteri-zation of Orthodontic Brackets Produced by Metal Injection Molding (MIM). *Angle Orthod*; 2005. 75:1024–1031