

Pengaruh Sel Galvanik Kawat Busur Ortodontik Cekat Australia dan Nikel Titanium dengan Amalgam terhadap Pelepasan Ion Nickel: Studi Laboratoris pada Lingkungan Saliva Tiruan dengan pH Normal

Effect of Australian and Nickel Titanium Orthodontic Arch Wire Galvanic Cells with Amalgam on Nickel Ion Release: A Laboratory Research in Artificial Saliva Environment with Normal pH

Andi Triawan

Program Studi Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstract

In the oral environment, orthodontic appliances can potentially release metal elements; it is influenced by temperature change, oral microbe, oral enzymes, change of saliva pH and galvanic coupling of dissimilar metal alloy. At present, most orthodontic patients have amalgam fillings on their teeth. The aim of this study was to identify nickel ion release caused by Australian and nickel titanium orthodontic arch wires galvanic cells with amalgam.

Subjects were divided into 4 groups i.e. group 1 consisting of 8 Australian wires, group 2 consisting of 8 Australian wires and 8 amalgams, group 3 consisting of 8 NiTi wires, and group 4 consisting of 8 NiTi wires and 8 amalgams. Each group was immersed in 20 ml artificial saliva with normal pH and temperature 37° C. On the third, fifth and seventh day, the artificial saliva was changed with fresh artificial saliva.

The quantity of nickel ions released was measured from the artificial saliva immerse of the four groups using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The data collected was analyzed statistically using 2-ways Analysis of Variance and t-test.

The result of the study showed that the average release of nickel ions from Australian wires and NiTi wires coupled with amalgam was greater than Australian wires and NiTi wires themselves ($p < 0,01$), and the quantity of nickel ions released from Australian wires was greater than NiTi wires ($p < 0,01$). In conclusion, galvanic cells Australian and Nickel Titanium orthodontic arch wires with amalgam affect the release of nickel ions significantly.

Key words : amalgam, Australian wires, galvanic cells, Nickel Titanium wires

Abstrak

Pada lingkungan mulut, peralatan ortodontik berpotensi melepaskan elemen-elemen logam, yang dipengaruhi oleh perubahan suhu, mikroba mulut, enzim mulut, perubahan pH ludah dan pasangan galvanik logam paduan yang berbeda. Saat ini pada sebagian besar pasien ortodontik cekat digunakan amalgam sebagai bahan tambalan pada giginya. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh sel galvanik kawat busur ortodontik cekat australia dan nikel titanium dengan amalgam terhadap pelepasan ion nikel pelepasan ion nikel yang disebabkan oleh kawat busur ortodontik cekat australia dan nikel titanium.

Subyek penelitian dibagi menjadi 4 kelompok yaitu kelompok 1 terdiri atas 8 kawat Australia; kelompok 2 terdiri atas 8 kawat Australia dan 8 amalgam, kelompok 3 terdiri atas 8 kawat NiTi, dan kelompok 4 terdiri atas 8 kawat NiTi dan 8 amalgam. Tiap kelompok direndam dalam 20 ml saliva

tiruan dengan pH normal dan suhu 37°C. Saat perendaman hari ke-3, hari ke-5 dan ke-7, saliva tiruan diganti dengan saliva tiruan yang baru.

Jumlah pelepasan ion nikel dianalisis dari saliva tiruan hasil perendaman ke-4 kelompok pada hari ke-3, hari ke-5 dan ke-7 dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Analisis statistik yang digunakan adalah varians 2 jalur dilanjutkan dengan uji t.

Hasil penelitian menunjukkan rerata jumlah pelepasan ion nikel pada kawat Australia dan kawat NiTi yang berpasangan dengan amalgam lebih besar daripada kawat Australia dan kawat NiTi itu sendiri ($p < 0,01$) dan jumlah pelepasan ion nikel pada kawat Australia lebih besar dari pada kawat NiTi ($p < 0,01$). Kesimpulannya adalah sel galvanik kawat busur ortodontik cekat Australia dan nikel titanium dengan amalgam meningkatkan jumlah pelepasan ion nikel kawat busur ortodontik cekat Australia dan Nikel Titanium.

Kata kunci : amalgam, kawat Australia, kawat nikel titanium, sel galvanik

Pendahuluan

Pada lingkungan rongga mulut, alat cekat ortodontik berpotensi untuk mengalami korosi atau pelepasan elemen-elemen logam penyusun aloinya, yang disebabkan oleh pengaruh perubahan suhu, mikrobiologi, enzim rongga mulut, perubahan keasaman (pH) saliva dan efek mekanik akibat adanya gaya gesek antara logam penyusun alat cekat ortodontik¹. Terlepasnya elemen logam dari aloi menimbulkan masalah bagi pasien oleh karena dalam konsentrasi tertentu, elemen logam yang terlepas menyebabkan reaksi toksisitas, radang dan alergi dalam rongga mulut². Elemen logam yang terlepas dari aloi akan bereaksi secara kimia dengan elemen non logam membentuk suatu ikatan logam yang dapat merusak struktur logam itu sendiri sehingga berpengaruh terhadap kualitas estetikanya, bentuk fisik dan memperlemah kekuatan aloi logam³.

Korosi adalah reaksi kimia antara sebuah logam dengan lingkungannya membentuk suatu senyawa logam⁴. Korosi di dalam rongga mulut merupakan korosi elektrokimia, atau korosi basah karena memerlukan adanya air atau elektrolit cairan lain dalam prosesnya⁵. Korosi elektrokimia dapat terjadi pada aloi itu sendiri atau pada pasangan aloi yang berbeda di dalam rongga mulut.

Penelitian tentang korosi elektrokimia pada pasangan aloi logam yang berbeda dalam rongga mulut yang menyebutkan saat seperangkat alat ortodontik yang terdiri

dari kawat NiTi, braket dan *tube* dimasukkan ke dalam saliva buatan, terjadi pelepasan unsur logam nikel yang disebabkan adanya korosi galvanik yang terjadi antara braket, *tube*, dan kawat busur. Korosi galvanik terjadi antara dua logam yang berbeda, dan berada dalam satu elektrolit⁴. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan besar potensial antara dua logam tersebut. Logam yang tahan terhadap korosi menjadi katoda dan yang kurang tahan terhadap korosi menjadi anoda. Semakin besar perbedaan potensi elektroda antara logam, semakin besar kecenderungan terjadinya reaksi korosi galvanik. Meskipun menurut Standar Potensi Elektroda Logam perbedaan potensial antara unsur logam tersebut kecil, korosi galvanik dapat terjadi. Korosi galvanik terjadi lebih cepat daripada korosi yang terjadi pada kawat NiTi itu sendiri².

Efek arus galvanik sudah dikenal dengan baik di kalangan kedokteran gigi, terutama berkaitan dengan penggunaan bahan restorasi amalgam, yang berpotensi mengalami korosi galvanik apabila digunakan bersama-sama dengan aloi lain dalam rongga mulut⁵. Hal tersebut dapat terjadi pada pasien pemakai alat ortodontik cekat tetapi masih menggunakan tambalan amalgam pada gigi-gigi posteriornya, mengingat unsur logam pada alat cekat ortodontik seperti nikel, kromium, mempunyai perbedaan potensi elektroda yang besar dengan unsur aloi amalgam, seperti merkuri dan *zinc*, menurut Standar Potensi Elektroda Logam⁴.

Korosi galvanik yang terjadi pada pemakaian alat cekat ortodonsi dengan amalgam akan mengakibatkan terlepasnya ion-ion logam penyusun kedua aloi tersebut. Pelepasan ion nikel dari alat cekat ortodontik dapat menyebabkan toksisitas, radang dan alergi dalam rongga mulut serta menurunnya kekuatan mekanis kawat busur⁶.

Perawatan ortodontik dengan alat cekat tidak pernah terlepas dari penggunaan unsur logam, sementara tidak menutup kemungkinan pasien ortodontik masih menggunakan tumpatan amalgam pada gigi-gigi posteriornya. Waktu perawatan ortodontik yang cukup lama yakni 2-3 tahun, dengan penggantian kawat busur baru secara rutin, situasi yang mendukung tidak terjadinya kejenuhan ion-ion logam yang terkorosi dalam rongga mulut, sangat memungkinkan pasien untuk terkena korosi galvanik elemen aloi yang digunakan secara berkelanjutan dan dapat menurunkan kekuatan mekanik kawat busur ortodontik^{5,6}. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah pelepasan ion nikel kawat Australia dan kawat NiTi dan perbedaan jumlah pelepasan ion nikel antara pasangan sel galvanik amalgam dengan kawat Australia dan amalgam dengan kawat NiTi.

Bahan dan Cara

Sampel amalgam didapat dari hasil triturasi amalgam merek Ultrafine secara mekanis dengan menggunakan amalgamator. Kondensasi amalgam dikerjakan pada cetakan yang dibuat dari bahan gips keras (*stone gips*). Gips keras berbentuk kubus dengan ukuran panjang 8 cm, lebar 6 cm dan tebal 1 cm pada permukaan atas dibuat bentuk dan ukuran sampel, yakni lempengan pipih berdiameter 5 mm dan tebal 2 mm dari bahan *modelling wax*, yang ditanamkan sejajar dengan permukaan atas kubus gips keras tersebut. Setelah gips mengeras *modelling wax* dibersihkan menggunakan air panas bersuhu 100^o C, maka terbentuk cetakan untuk sample amalgam. Sampel amalgam sebanyak 16 buah dipolis dengan bur polis.

Sampel kawat ortodontik Australia diameter 0,014 inchi dibentuk menjadi lengkung gigi sesuai standar lengkung *Uni-*

versal Chart sejumlah 16 buah, sedangkan sampel kawat ortodontik NiTi dengan penampang bulat diameter 0,014 inchi yang telah berbentuk lengkung gigi ideal sesuai pabrik, dipilih secara acak sejumlah 16 buah.

Panjang lengkung kawat ditentukan dari distal molar 1 kanan sampai distal molar 1 kiri, kemudian dicetakkan ke kertas milimeter sebagai panduan pemotongan lengkung kawat, selanjutnya kawat ditimbang dengan timbangan analitik 5 digit untuk menyamakan berat semua sampel lengkung kawat. Kemudian semua sampel dicuci dengan alkohol 15 detik dan akuabides selama 30 detik dikeringkan dengan semprot udara selama 15 detik⁷.

Semua sampel dibagi dalam 4 kelompok, yaitu :

Kelompok I : terdiri dari 8 kawat Australia

Kelompok II : terdiri dari 8 kawat Australia dan 8 amalgam

Kelompok III : terdiri dari 8 kawat NiTi

Kelompok IV : terdiri dari 8 kawat NiTi dan 8 amalgam

Tiap kelompok akan direndam selama 7 hari dalam saliva tiruan yang diganti secara rutin dengan saliva tiruan yang baru pada hari ke-3 dan ke-5. Setiap kelompok dimasukkan ke dalam inkubator pada suhu 37^o C mulai hari ke-1 sampai ke-3, hari ke-3 sampai ke-5 dan hari ke-5 sampai ke-7. Pengecekan pH saliva tiruan dilakukan setiap hari dengan pH meter.

Perhitungan jumlah pelepasan ion nikel dilakukan pada hari ke-3, ke-5 dan ke-7 dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* model 3110 buatan Perkin Elmer Co. Ltd. di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM, dari saliva tiruan hasil perendaman semua kelompok, yaitu : saliva tiruan hari ke-1 sampai hari ke-3, saliva tiruan hari ke-3 sampai hari ke-5 dan saliva tiruan hari ke-5 sampai hari ke-7.

Untuk mengetahui pengaruh sel galvanik amalgam terhadap pelepasan ion nikel kawat ortodontik Australia dan kawat ortodontik NiTi dalam saliva tiruan, dilakukan uji analisis varians 2 jalur dan untuk menguji perbedaan mean antara kelompok

perlakuan digunakan uji t.

Hasil

Perhitungan jumlah pelepasan ion nikel dari kawat Australia dan kawat NiTi,

tanpa dan berpasangan dengan amalgam pada berbagai waktu pengukuran ion nikel yang terlepas dalam saliva tiruan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rerata jumlah pelepasan ion nikel (ppm) dari kawat Australia dan kawat NiTi, tanpa dan berpasangan dengan amalgam pada berbagai waktu pengukuran ion nikel yang terlepas dalam saliva tiruan

No	Kelompok	Jumlah sampel saliva tiruan	Pelepasan ion nikel (ppm)		
			Hari ke-3	Hari ke-5	Hari ke-7
1.	Kawat Australia	24	0,013±0,008	0,018±0,002	0,020±0,005
2.	Kawat Australia + amalgam	24	0,042±0,002	0,045±0,004	0,047±0,003
3.	Kawat NiTi	24	0,009±0,009	0,015±0,006	0,018±0,002
4.	Kawat NiTi + amalgam	24	0,019±0,003	0,022±0,003	0,023±0,006

Berdasarkan hasil pengamatan pada tabel 1 dapat diketahui bahwa :

1. Jumlah pelepasan ion nikel lebih besar pada kawat Australia maupun Niti yang berpasangan dengan amalgam daripada kawat Australia dan NiTi itu sendiri.
2. Jumlah pelepasan ion nikel lebih besar pada kawat Australia daripada kawat

NiTi, baik yang tanpa maupun berpasangan dengan amalgam.

Untuk mengetahui perbedaan pengaruh antara ada tidaknya amalgam yang berpasangan dengan kawat, dan jenis kawat terhadap pelepasan ion nikel, dilakukan analisis varian 2 jalur yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rangkuman Anava 2 jalur tentang pengaruh keberadaan amalgam dan jenis kawat terhadap jumlah pelepasan ion nikel.

Sumber Variasi	db	F	p
Antar A	1	107,379	0,000 *
Antar B	1	45,565	0,000 *
Inter AB	1	14,589	0,001 *

Keterangan : A = kelompok ada tidaknya amalgam
 B = kelompok jenis kawat
 * = ada perbedaan sangat bermakna (p<0,01)

Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui bahwa, ada tidaknya amalgam yang berpasangan dengan kawat Australia dan NiTi, jenis kawat yang berbeda Australia dan NiTi, menunjukkan pengaruh sangat bermakna terhadap jumlah pelepasan ion nikel ($p < 0,01$). Interaksi yang kuat terjadi antara ada tidaknya amalgam yang berpasangan

dengan kedua jenis kawat ortodontik, Australia dan NiTi ($p < 0,01$).

Uji-t digunakan untuk mengetahui perbedaan pengaruh antara ada tidaknya amalgam yang berpasangan dengan kawat dan antara jenis kawat terhadap jumlah pelepasan ion nikel.

Table 3. Uji-t tentang perbedaan pengaruh antara ada tidaknya amalgam yang berpasangan dengan kawat dan antara jenis kawat terhadap jumlah pelepasan ion nikel

Klasifikasi	t	p
A1 – A2	-10,362	0,000 *
B1 – B2	6,750	0,000 *

Keterangan : A1 = tanpa amalgam
A2 = dengan amalgam
B1 = kawat Australia
B2 = kawat NiTi
* = ada perbedaan yang sangat bermakna ($p < 0,01$)

Pada uji-t tabel 3, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang sangat bermakna antara ada tidaknya amalgam terhadap jumlah pelepasan ion nikel ($p < 0,01$). Antara jenis kawat juga menunjukkan perbedaan pengaruh yang sangat bermakna terhadap jumlah

pelepasan ion nikel ($p < 0,01$).

Uji-t tentang perbedaan interaksi antara ada tidaknya amalgam yang berpasangan dengan kawat dan antara jenis kawat terhadap jumlah pelepasan ion nikel dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Uji-t tentang perbedaan interaksi antara ada tidaknya amalgam yang berpasangan dengan kawat dan antara jenis kawat terhadap jumlah pelepasan ion nikel

Klasifikasi	Uji-t	p
A1B1 – A2B1	-10,028	0,000 *
A1B2 – A2B2	- 4,627	0,000 *
A1B1 – A1B2	2,072	0,045 **
A2B1 – A2B2	7,474	0,000 *

Keterangan : A1 = tanpa amalgam
A2 = dengan amalgam
B1 = kawat Australia
B2 = kawat NiTi
* = ada perbedaan yang sangat bermakna ($p < 0,01$)
** = ada perbedaan yang bermakna ($p < 0,05$)

Berdasarkan tabel 4, dapat diketahui bahwa antara kelompok kawat Australia tanpa amalgam dengan kelompok kawat Australia dengan amalgam terdapat perbedaan pengaruh yang sangat bermakna ($p < 0,01$). Antara kelompok NiTi tanpa amalgam dengan kelompok kawat NiTi dengan amalgam menunjukkan perbedaan pengaruh yang sangat bermakna ($p < 0,01$). Uji-t mengenai perbedaan pengaruh antara kelompok kawat Australia tanpa amalgam dengan kelompok kawat NiTi tanpa amalgam menunjukkan perbedaan yang bermakna ($p < 0,05$). Pada perbedaan pengaruh antara kelompok pasangan kawat Australia dengan amalgam dengan kelompok pasangan kawat NiTi dengan amalgam juga menunjukkan perbedaan pengaruh yang sangat bermakna ($p < 0,01$).

Berdasarkan diskusi hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemakaian amalgam berpengaruh terhadap jumlah pelepasan ion nikel kawat Australia dan kawat NiTi. adanya dua logam yang berbeda berada dalam satu elektrolit dapat menyebabkan terjadinya arus galvanik⁴. Hal tersebut terjadi karena adanya perbedaan besar potensial antara dua logam tersebut. Logam yang tahan terhadap korosi menjadi katoda dan yang kurang tahan terhadap korosi menjadi anoda. Nikel sebagai logam dari golongan transisi yang bersifat labil dan mempunyai nilai potensial elektroda negatif, berperan sebagai anoda, sedangkan merkuri yang mempunyai nilai potensial elektroda positif bertindak sebagai katoda. Berdasarkan Standar Potensi Elektroda Logam, kandungan nikel dalam NiTi maupun *stainless steel* memiliki nilai potensial elektroda sebesar $-0,23$ sedangkan kandungan merkuri memiliki nilai potensial elektroda sebesar $+0,80$. Makin besar beda potensial elektroda antara amalgam dengan logam lain (katoda yang lebih mulia) makin besar arus yang terbentuk, makin cepat korosi yang terjadi⁴. Selama terdapat arus listrik atau galvanik, amalgam dan kawat busur akan mengalami korosi. Penelitian menyebutkan saat kawat NiTi dimasukkan ke dalam saliva buatan, terjadi pelepasan unsur logam nikel yang disebabkan oleh adanya korosi galvanik yang terjadi antara

braket, *tube*, dan kawat busur. Korosi galvanik tersebut terjadi lebih cepat daripada korosi yang terjadi pada kawat NiTi itu sendiri².

Jika dibandingkan dengan kelompok kawat Australia baik yang tanpa maupun dengan amalgam, jumlah pelepasan ion nikel pada kawat NiTi lebih sedikit. Berdasarkan hasil uji-t, diketahui bahwa jumlah pelepasan ion nikel pada kawat Australia tanpa maupun dengan amalgam, lebih besar dari pada kawat NiTi tanpa maupun dengan amalgam. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pelepasan ion nikel pada pasangan amalgam dengan kawat Australia lebih tinggi dibandingkan dengan pasangan amalgam dengan kawat NiTi.

Pelepasan ion nikel dari kawat *stainless steel* lebih tinggi dari pada kawat NiTi karena efek pasif kromium pada kawat *stainless steel* lebih kurang tahan terhadap korosi dibandingkan dengan efek pasif titanium pada kawat NiTi. Pada NiTi lebih sedikit ditemukan pelepasan nikel karena pada pembuatannya nikel dikombinasikan dengan titanium, yang merupakan salah satu logam bukan mulia yang mempunyai sifat daya tahan korosi baik terhadap lingkungan, sehingga menghasilkan logam paduan yang memiliki resistensi korosi yang baik. Titanium akan membentuk lapisan titanium oksida yang stabil dan bersifat pasif terhadap pengaruh lingkungan, sehingga titanium mempunyai daya tahan korosi dan biokompatibilitas yang baik pada temperatur mulut^{8,9}.

Berdasarkan pada hasil penelitian ini, maka penggunaan amalgam secara bersama-sama dengan alat cekat ortodontik, dalam hal ini kawat Australia dan NiTi, perlu dipertimbangkan kembali penggunaannya, karena dapat meningkatkan jumlah pelepasan ion nikel kawat Australia dan NiTi. Meskipun dalam kadar yang sedikit dibandingkan dengan kandungan ion nikel dalam makanan, tetapi penggunaan amalgam dan alat cekat ortodontik yang cukup lama 2-3 tahun, memungkinkan pasien terpapar secara terus menerus, dan akan merugikan khususnya pada pasien yang sensitif terhadap nikel. Pengaruh amalgam yang

dapat mempercepat dan memperbanyak jumlah pelepasan ion nikel pada kawat Australia dan NiTi, menunjukkan bahwa proses korosi terjadi lebih cepat, sehingga penurunan sifat fisik kedua kawat busur ortodontik tersebut juga terjadi lebih cepat, apabila dibandingkan dengan penggunaan kawat Australia dan NiTi tanpa berpasangan dengan amalgam.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan secara *in vitro* tentang pengaruh sel galvanik kawat busur ortodontik cekat Australia dan NiTi dengan amalgam terhadap pelepasan ion nikel, dapat diambil kesimpulan :

1. Pemakaian amalgam secara berpasangan dengan kawat Australia dan kawat NiTi meningkatkan jumlah pelepasan ion nikel kawat Australia dan kawat NiTi.
2. Jumlah pelepasan ion nikel pada kawat Australia yang berpasangan dengan amalgam lebih tinggi dibandingkan dengan kawat NiTi yang berpasangan dengan amalgam.

Saran

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang dapat mendekati keadaan klinis maka :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan rentang waktu perendaman yang lebih panjang dan bervariasi, sehingga dapat diketahui kapan akan tercapai jumlah maksimal pelepasan ion nikel kawat Australia dan kawat NiTi yang berpasangan dengan amalgam.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang sifat fisik kawat Australia dan kawat NiTi setelah digunakan secara berpasangan dengan amalgam.

Daftar Pustaka

1. Tsui, H. H., Chen, C.Y., Chia, T.K., 2001, Comparisson of Ion Release from New and Recycled Orthodontic Brackets, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 120 (1): 68-75.
2. Chung, J.H., Ji, S.S., Jung, Y.C., 2001, Metal Release from Simulated Orthodontic Appliances, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 120 (4): 383-391
3. Phillips, R.W., 1991, *Skinner's Science of Dental Material*, 7th, W.B. Saunders Co., Philadelphia
4. Combe, E.C., 1992, *Sari Dental Material*, (terjm.) Tarigan, S., Balai Pustaka, Jakarta, 94-96.
5. Anusavice, K.J., 2004, *Phillips Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi*, (terjm) Budiman, J.A., Purwoko, S., cet. 1, Penerbit EGC, Jakarta, 290-323, 535-555
6. Gjerdet, N.R., Hensten, A.P., 1992, Composition and in vitro Corrosion of Orthodontics Appliances, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 101 (6): 525-532.
7. Putranti, D.T., 1992, Pengaruh Derajat Keasaman Saliva Tiruan dan Waktu Perendaman terhadap Gaya Gerak Listrik dan Korosi Pasangan Sel Galvanik Amalgam dengan Aloi Emas serta Aloi Kobal Kromium, *Tesis*, Pasca Sarjana UGM
8. Grimsdottir, M.R., Gjerdet, N.R., Pettersen, A.H., 1992, Composition and In Vitro Corrosion Of Orthodontic Appliances, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 101 (6): 525-532
9. Irawan, B., 2000, Titanium dan Paduan Titanium Material Pilihan Kedokteran Gigi Masa Depan, *J. Ked. Gigi UI*, 7 (edisi khusus): 106-109